

## بخش دوم ترمودینامیک شیمیایی.

### سیمای بخش دوم

- ❖ انرژی و ذره های سازنده ی ماده
- ❖ آیا انرژی ماده به مقدار آن بستگی دارد ؟
- ❖ ترمودینامیک چیست؟
- ❖ سامانه و محیط پیرامون آن
- ❖ انواع سامانه
- ❖ خواص سامانه
- ❖ جاری شدن انرژی در سامانه
- ❖ انرژی درونی و قانون اول ترمودینامیک
- ❖ آنتالپی یک تابع حالت است
- ❖ حالت استاندارد
- ❖ برخی از تغییر آنتالپی های مهم
- ❖ تعیین گرمای واکنش های شیمیایی
- ❖ گرماسنجی روش مستقیم اندازه گیری گرمای یک واکنش
- ❖ روش های غیر مستقیم تعیین گرمای واکنش های شیمیایی
- ❖ تعیین آنتالپی واکنش به کمک قانون هس
- ❖ آنتالپی های استاندارد تشکیل و محاسبه ی گرمای واکنش
- ❖ تعیین آنتالپی واکنش با استفاده از آنتالپی پیوندها
- ❖ آنتروپی و تعیین جهت پیشرفت واکنش های شیمیایی
- ❖ پیش گویی جهت انجام واکنش های شیمیایی
- ❖ انرژی آزاد گیبس
- ❖ سؤال های امتحان نهایی دی ، خرداد و شهریورماه بخش دوم

**ترمودینامیک ( ترموشیمی یا گرما شیمی )**

انرژی توانایی انجام کار است و برای انجام هر کاری به یک منبع انرژی نیاز داریم. در همه ی واکنش های شیمیایی یا فرآیندهای فیزیکی مبادله ی انرژی بین مواد وجود دارد.

**ترمودینامیک:** شاخه ای از علم است که به مطالعه ی گرما و انتقال آن می پردازد.

**ترموشیمی یا گرما شیمی:** شاخه ای از ترمودینامیک است که انرژی گرمایی مبادله شده در واکنش های شیمیایی، تغییر آن و تأثیری را که بر حالت ماده دارد، مورد مطالعه قرار می دهد.

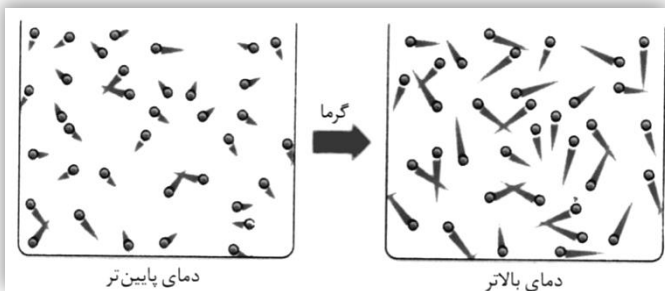
**انرژی و ذره های سازنده ی آن**

هر جسم در حال حرکت دارای انرژی جنبشی است. همه ی ذره های سازنده ی ماده نیز پیوسته در حال حرکت هستند بنابراین دارای انرژی جنبشی هستند. به عبارت دیگر همه ی مواد دارای انرژی هستند.

**گرما:** به مجموع انرژی جنبشی ذره های سازنده ی یک ماده، گرما یا انرژی گرمایی می گویند.



**نکته:** انرژی گرمایی یک ماده به تعداد ذره های سازنده (جرم یا حجم) آن ماده بستگی دارد و هر چه تعداد ذره ها بیشتر باشد انرژی گرمایی آن نیز بیش تر است.

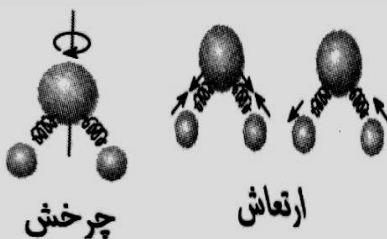


هنگامی که یک جسم گرم می شود ذره های سازنده ی آن با سرعتی بیش تر از قبل به حرکت خود ادامه می دهند و گرمای جذب شده بین ذره های سازنده ی آن پخش می شود.

در شکل مقابل دنباله ی ذره ها نشان دهنده ی میزان سرعت آن هاست و مشاهده می شود که در دمای بالاتر انرژی جنبشی و سرعت حرکت ذره های سازنده ی ماده افزایش می یابد.



**بیشتر بدانید:** حرکت های نامنظم ذره های سازنده ی یک ماده را حرکت گرمایی می گویند و عبارتند از:



۱. حرکت انتقالی: انتقال ذره ها از جایی به جای دیگر
۲. حرکت چرخشی: چرخش ذره ها به دور محور خود
۳. حرکت ارتعاشی: ارتعاش ذره ها در امتداد محور پیوند

**دما:** به میانگین انرژی جنبشی ذره های سازنده ی یک ماده، دما می گویند.

هر چه میانگین انرژی جنبشی ذره های سازنده ی ماده بیش تر باشد ، تعداد برخورد ذره ها با دماسنج بیش تر خواهد بود و دماسنج ، دمای بالاتری را نشان خواهد داد.

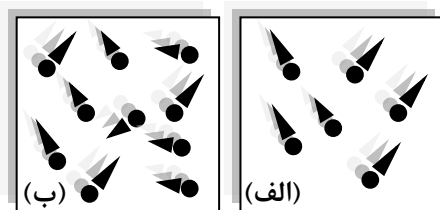
دما معیاری از میزان گرمی یک جسم است و با گرم شدن جسم ، دمای آن نیز افزایش می یابد. دمای یک جسم اطلاعات سودمندی درباره ی انرژی جنبشی و سرعت حرکت ذره های سازنده ی آن جسم در اختیار می گذارد.



نکته : دمای یک ماده به مقدار آن ماده بستگی ندارد و تنها معیاری از گرمی یا سردی آن ماده است.

مثال : یک لیوان آب با دمای ۶۰ درجه سلسیوس و یک استخر آب با دمای ۴۰ درجه ی سلسیوس را در نظر بگیرید. انرژی گرمایی و دمای آن ها را با دلیل با هم مقایسه کنید؟

دما : دمای آب لیوان بیش تر است زیرا انرژی جنبشی و سرعت حرکت ذره های سازنده آن بیش تر است. و دما به مقدار ماده بستگی ندارد.  
گرما : انرژی گرمایی آب استخر بیش تر است زیرا هر چه مقدار ماده بیش تر باشد انرژی گرمایی آن هم بیش تر خواهد بود.



مثال : شکل های مقابل ذره های یک ماده را نشان می دهد. انرژی گرمایی و دمای آن ها را با هم مقایسه کنید؟

مجموع انرژی جنبشی ذره ها ( انرژی گرمایی ) در حالت (ب) بیش تر است زیرا تعداد ذره ها در آن بیش تر است. بنابراین در حالت (ب) انرژی گرمایی بیش تر است.

میانگین انرژی جنبشی ذره ها ( دما ) در حالت (الف) بیش تر است. بنابراین دما در حالت (الف) بیش تر است.

### یکاهای اندازه گیری انرژی

$$1 \text{ cal} = 4.185 \text{ J}$$

یکاهای اندازه گیری انرژی کالری ( cal ) و ژول ( J ) هستند :

یکای دیگری برای اندازه گیری انرژی وجود دارد که کالری رژیم غذایی نام دارد و حرف C در آن با نماد بزرگ نشان داده می شود :

$$1 \text{ Cal} = 1000 \text{ cal} = 1 \text{ Kcal}$$

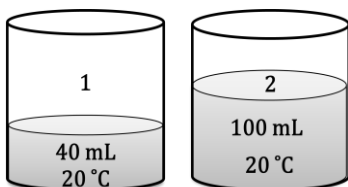
### آیا انرژی ماده به مقدار آن بستگی دارد؟

ظرفیت گرمایی : مقدار گرمایی است که دمای یک جسم را به اندازه ی یک درجه ی سلسیوس افزایش می دهد.

$$\text{ظرفیت گرمایی} = \frac{\text{مقدار گرمای مبادله شده}}{\text{تغییر دما}} = \frac{q}{\Delta T}$$



**نکته:** ظرفیت گرمایی ماده به مقدار ماده بستگی دارد و هر چه مقدار ماده بیشتر باشد، گرمای بیشتری برای افزایش دمای آن لازم است.



**مثال:** با توجه به شکل مقابل به پرسش‌ها، پاسخ دهید:

الف) می‌خواهیم دمای آب هر دو ظرف را ۱۰ درجه‌ی سلسیوس بالا ببریم.

آیا انرژی لازم برای آب هر دو ظرف یکسان است؟ چرا؟

ب) ظرفیت گرمایی آب دو ظرف را با هم مقایسه کنید؟

**پاسخ الف)** خیر زیرا مقدار ماده در ظرف (۲) بیشتر است.

**پاسخ ب)** ظرفیت گرمایی ظرف (۲) بیشتر است زیرا ظرفیت گرمایی به مقدار ماده بستگی دارد و در ظرف (۲) مقدار ماده بیشتر است.

**ظرفیت گرمایی ویژه:** مقدار گرمایی است که دمای یک گرم از جسم را به اندازه‌ی یک درجه‌ی سلسیوس افزایش می‌دهد.

$$c = \frac{q}{m\Delta T} = \frac{\text{مقدار گرمای مبادله شده}}{\text{تغییر دما} \times \text{جرم جسم}} = \frac{\text{ظرفیت گرمایی}}{\text{جرم جسم}} = \text{ظرفیت گرمایی ویژه}$$

**q:** گرمای مبادله شده    **m:** جرم جسم    **q:** گرمای مبادله شده    **c:** ظرفیت گرمایی ویژه     $\Delta T$ : اختلاف دما



**نکته:** ظرفیت گرمایی ویژه‌ی ماده به مقدار ماده بستگی ندارد. و یکای اندازه‌گیری آن  $^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot \text{J} \cdot \text{g}^{-1}$  است. اگر دما بر حسب درجه‌ی کلون باشد یکای آن  $^{\circ}\text{K}^{-1} \cdot \text{J} \cdot \text{g}^{-1}$  خواهد شد.

**ظرفیت گرمایی مولی:** مقدار گرمایی است که دمای یک مول از جسم را به اندازه‌ی یک درجه‌ی سلسیوس افزایش می‌دهد. و یکای آن  $^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot \text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$  است.



**نکته:** برای تبدیل ظرفیت گرمایی ویژه‌ی یک جسم به ظرفیت گرمایی مولی آن جسم، کافی است ظرفیت گرمایی ویژه را در جرم مولی آن ضرب کنید.

$$C_M = c \times M$$

**M:** جرم مولی جسم    **c:** ظرفیت گرمایی ویژه    **C<sub>M</sub>:** ظرفیت گرمایی مولی

**مثال:** ۵۳ گرم آلومینیوم به ۲۳۹ ژول انرژی نیاز دارد تا دمای آن به اندازه‌ی ۵ درجه‌ی سلسیوس افزایش یابد، ظرفیت گرمایی ویژه‌ی این فلز را محاسبه کنید؟

$$c = \frac{q}{m\Delta T} = \frac{239\text{J}}{53\text{g} \times 5^{\circ}\text{C}} = 0.902 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$$

**پاسخ:**

**مثال:** اگر افزایش دمای ۷۵ گرم سرب به مقدار ۱۰ درجه‌ی سلسیوس به ۹۶ ژول گرما نیاز داشته باشد، ظرفیت گرمایی ویژه و ظرفیت گرمایی مولی سرب را محاسبه کنید؟

$$Pb = 207.2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$c = \frac{q}{m\Delta T} = \frac{96\text{J}}{75\text{g} \times 10^{\circ}\text{C}} = 0.128 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$$

**پاسخ:**

$$C_M = c \times M = 0.128 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1} \times 207.2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 26.52 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$$

**مثال:** برای کاهش دمای ۲۵۰ گرم اتانول از دمای ۲۵ درجه به ۳ درجه‌ی سلسیوس چه مقدار گرما باید از آن گرفته شود؟

$$c_{\text{اتانول}} = 2.460 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1} \quad \text{ظرفیت گرمایی ویژه‌ی اتانول:}$$

$$q = mc\Delta T = mc(T_2 - T_1) = 250 \text{ g} \times 2.46 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1} \times (3 - 25)^{\circ}\text{C} = 13530 \text{ J}$$

**پاسخ:**

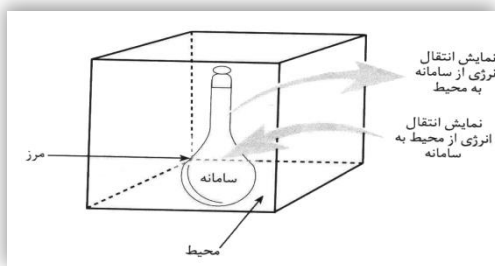


**نکته:** هر چه تعداد راه هایی که ذره های تشکیل دهنده ی یک ماده بتوانند انرژی کسب کنند (درجه آزادی) بیشتر باشد، ظرفیت گرمایی ویژه بیشتر خواهد بود. چون مولکول های آب در حالت جامد (یخ) تنها حرکت ارتعاشی دارند و اتم های هیدروژن و اکسیژن توسط پیوند کووالانسی به هم اتصال دارند و بین مولکول ها پیوند هیدروژنی وجود دارد، ظرفیت گرمایی یخ کم تر از آب در حالت مایع است. زیرا در حالت مایع علاوه بر حرکت انتقالی، چرخشی و ارتعاشی، پیوند کووالانسی و پیوند هیدروژنی هم وجود دارد که هر کدام یک درجه ی آزادی به شمار می رود. چون در بین مولکول های بخار آب پیوند هیدروژنی وجود ندارد، ظرفیت گرمایی ویژه ی بخار آب از آب کم تر است.

### ترمودینامیک چیست؟

**ترمودینامیک:** دانش مطالعه ی تبدیل شکل های مختلف انرژی و راه های انتقال آن را ترمودینامیک می گویند.

### سامانه و محیط پیرامون آن



**سامانه یا سیستم:** در ترمودینامیک، بخشی از جهان را انتخاب و تغییر انرژی آن را مطالعه می کنند. این بخش را سامانه یا سیستم می گویند.

**محیط:** هر چیز دیگری که در پیرامون سامانه باشد، محیط نامیده می شود.

**مرز سامانه:** هر سامانه به وسیله ی یک دیواره از محیط پیرامون خود جدا می شود که آن را مرز سامانه می نامند. که ممکن است حقیقی یا مجازی باشد.



**نکته:** همواره نوع مطالعه و شخص مطالعه کننده سامانه و محیط را تعیین می کنند و در مطالعه کافی است تنها بخشی از جهان را که در ارتباط نزدیک با سامانه است و با آن تبادل انرژی دارد، محیط در نظر گرفت.

### انواع سامانه یا سیستم

سامانه ها را بر اساس نوع مبادله ای که با محیط پیرامون خود دارد به سه دسته طبقه بندی می کنند:

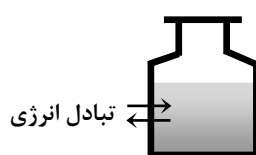
**سامانه ی باز:** سامانه ای است که با محیط پیرامون خود، تبادل ماده و انرژی دارد. استکان پر از چای داغ، بطری آب سرباز

**سامانه ی بسته:** سامانه ای است که با محیط پیرامون خود فقط تبادل انرژی دارد. یک بطری نوشابه در بسته، بادکنک پر از هوا، زودپز

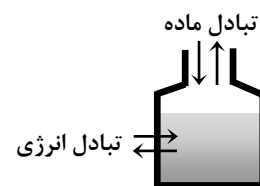
**سامانه ی منزوی یا ایزوله:** سامانه ای است که با محیط پیرامون خود تبادل ماده و انرژی ندارد. فلاسک چای (مدت زمان اندک)



سامانه ی منزوی



سامانه ی بسته



سامانه ی باز

**خواص ترمودینامیکی:** برخی از خواص قابل اندازه گیری سامانه را گویند که به کمک آن می توان سامانه را توصیف کرد. مانند فشار، حجم، دما  
خواص ترمودینامیکی سامانه عبارتند از:

❖ خواص مقداری

❖ خواص شدتی

**خواص مقداری:** خواصی از ماده را که به مقدار ماده بستگی دارند، خواص مقداری می گویند. جرم، حجم، تعداد مول، ظرفیت گرمایی، ...

**خواص شدتی:** خواصی از ماده را که به مقدار ماده بستگی ندارند، خواص شدتی می گویند. فشار، چگالی، بو، طعم، ظرفیت گرمایی ویژه، دما

**مثال:** یک لیوان را که محتوی ۴۰۰ میلی لیتر آب با دمای ۴۰ درجه ی سلسیوس است، در نظر بگیرید. حال ۱۰۰ میلی لیتر از آن را به ظرف دیگری منتقل کنید:

(ب) آیا حجم آب تغییر کرده است؟ بلی

(الف) آیا جرم آب تغییر کرده است؟ بلی

(د) آیا دمای آب تغییر کرده است؟ خیر

(ج) آیا چگالی آب تغییر کرده است؟ خیر

جرم و حجم با تغییر مقدار ماده تغییر کرده اند پس جرم و حجم خواص مقداری هستند. چگالی و دما با تغییر ماده تغییر نکرده اند پس چگالی و دما خواص شدتی هستند.



**نکته:** کمیت های مولی مانند جرم مولی، حجم مولی، ظرفیت گرمایی مولی و ..... جزء خواص شدتی هستند. اغلب از تقسیم دو خاصیت مقداری بر هم، یک خاصیت شدتی به دست می آید. مثل چگالی (شدتی) که از تقسیم جرم (مقداری) بر حجم (مقداری)، ظرفیت گرمایی ویژه (شدتی) که از تقسیم ظرفیت گرمایی (مقداری) بر جرم (مقداری)، ظرفیت گرمایی مولی (شدتی) که از تقسیم ظرفیت گرمایی (مقداری) بر مول (مقداری) به دست می آید.

### جاری شدن انرژی در سامانه

در یک سامانه همه ی ذره های موجود دارای انرژی جنبشی و پتانسیل هستند. مجموع انرژی برای همه ی ذره های تشکیل دهنده ی سامانه را انرژی درونی می گویند.

**انرژی درونی:** مجموع انرژی جنبشی و پتانسیل همه ی ذره های تشکیل دهنده ی سامانه را انرژی درونی می گویند.



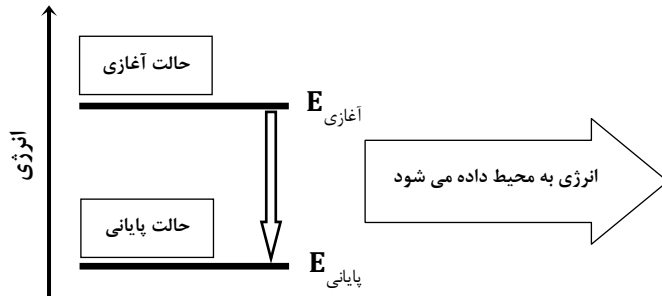
**نکته:** در هنگام تبدیل واکنش دهنده ها به فرآورده ها، انرژی درونی سامانه تغییر می کند اما انرژی درونی به صورت مطلق اندازه گیری نمی شود بلکه اختلاف انرژی درونی قبل و بعد از تغییر قابل اندازه گیری است.

$$\Delta E = E_{\text{پایانی}} - E_{\text{آغازی}} = E_{\text{فرآورده ها}} - E_{\text{واکنش دهنده ها}}$$

معمولاً تغییر انرژی درونی سامانه را با نموداری نشان می دهند که در آن پایانی  $E$  و آغازی  $E$  خطوط افقی هستند و انرژی روی محور عمودی قرار دارد. سامانه از نظر تغییر انرژی درونی دو گونه است:

۱. **انرژی درونی سامانه افزایش می یابد.** (سطح انرژی فرآورده ها از سطح انرژی واکنش دهنده ها بالاتر است و  $\Delta E > 0$  است).
۲. **انرژی درونی سامانه کاهش می یابد.** (سطح انرژی فرآورده ها از سطح انرژی واکنش دهنده ها پایین تر است و  $\Delta E < 0$  است).

نمودار یک لیوان آب داغ درون یک ظرف سر بسته که با محیط پیرامون خود تنها مبادله ی انرژی دارد و به محیط گرما می دهد :



$$\Delta E = E_{\text{پایانی}} - E_{\text{آغازی}}$$

$$E_{\text{پایانی}} < E_{\text{آغازی}}$$

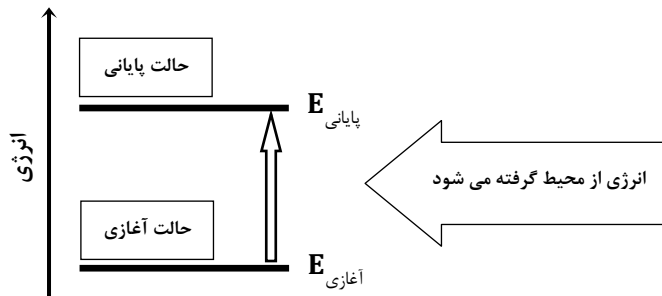
$$\Delta E < 0$$

سامانه به محیط انرژی می دهد  
انرژی درونی سامانه کاهش می یابد

**نکته :** در سامانه ی لیوان آب داغ درون ظرف سر بسته ، آب به محیط گرما می دهد و انرژی سامانه کاهش می یابد. تغییر انرژی درونی سامانه تنها ناشی از مبادله ی گرما است. و این مبادله تا زمانی ادامه می یابد که دمای سامانه با دمای محیط برابر شود. در این حالت علامت تغییر انرژی درونی منفی است.



نمودار یک تکه یخ که با محیط پیرامون خود تنها مبادله ی انرژی دارد و از محیط پیرامون گرما می گیرد :



$$\Delta E = E_{\text{پایانی}} - E_{\text{آغازی}}$$

$$E_{\text{پایانی}} > E_{\text{آغازی}}$$

$$\Delta E > 0$$

محیط به سامانه انرژی می دهد  
انرژی درونی سامانه افزایش می یابد

**نکته :** در سامانه ی یخ درون لیوان ، یخ از محیط گرما می گیرد و انرژی سامانه افزایش می یابد. تغییر انرژی درونی سامانه تنها ناشی از مبادله ی گرما است. و این مبادله تا زمانی ادامه می یابد که دمای سامانه با دمای محیط برابر شود. در این حالت علامت تغییر انرژی درونی مثبت است.



**نکته :** اگر گرمای سامانه کاهش یابد علامت گرما منفی و اگر گرمای سامانه افزایش یابد علامت آن مثبت خواهد بود. اگر انرژی درونی سامانه کاهش یابد ، علامت آن منفی و اگر انرژی درونی سامانه افزایش یابد ، علامت آن مثبت خواهد بود.



**تابع حالت :** توابعی را که تنها به حالت آغازی و پایانی سامانه وابسته بوده ، به مسیر انجام فرآیند بستگی ندارند ، تابع حالت می گویند.

دما ، حجم ، فشار ، انرژی درونی ، آنتالپی ، آنتروپی ، انرژی آزاد گیبس و ....

$$\Delta P = P_2 - P_1 \quad \Delta T = T_2 - T_1 \quad \Delta V = V_2 - V_1 \quad \Delta E = E_2 - E_1 \quad \Delta H = H_2 - H_1$$

**تابع مسیر :** توابعی را که به مسیر انجام فرآیند بستگی دارند ، تابع مسیر می گویند.

کار ، گرما و .....

**انرژی درونی و قانون اول ترمودینامیک**

**قانون اول ترمودینامیک:** در واکنش های شیمیایی انرژی نه به وجود می آید و نه از بین می رود بلکه از شکلی به شکل دیگر در می آید. قانون اول ترمودینامیک همان قانون پایستگی انرژی است.

$$\Delta E = q + w$$

$\Delta E$ : تغییر انرژی درونی

$q$ : گرمای مبادله شده

$w$ : کار ناشی از تغییر حجم



**نکته:** کار ناشی از تغییر حجم از رابطه ی مقابل به دست می آید:

$$w = -P\Delta V = -P(V_2 - V_1)$$

اگر  $\Delta V > 0$  باشد،  $w < 0$  خواهد شد. یعنی سامانه روی محیط کار انجام می دهد.

اگر  $\Delta V < 0$  باشد،  $w > 0$  خواهد شد. یعنی محیط روی سامانه کار انجام می دهد.

مبادله ی انرژی بین سامانه و محیط به سه صورت زیر انجام می شود:

❖ **تنها با انتقال گرما:** اگر واکنش در یک ظرف سر بسته یا در ظرفی با حجم ثابت انجام شود، تغییر حجمی صورت نمی گیرد ( $\Delta V = 0$ ) در نتیجه کار انجام نمی شود ( $w = 0$ ) و تغییر انرژی درونی سامانه تنها ناشی از مبادله گرما بین سامانه و محیط است.

$$\Delta E = q + w = q + 0 \Rightarrow \Delta E = q$$

❖ **تنها با انجام کار:** اگر واکنش در یک ظرف عایق بندی شده انجام شود، مبادله ی گرما صورت نمی گیرد ( $q = 0$ ) و تغییر انرژی درونی سامانه تنها ناشی از کار انجام شده است.

$$\Delta E = q + w = 0 + w \Rightarrow \Delta E = w$$

❖ **با انتقال گرما و انجام کار:** تغییر انرژی درونی سامانه به گرما و کار بستگی دارد.

$$\Delta E = q + w$$

$\Delta E$	$q$	$w$
+	+	+
-	-	-
	بستگی به مقدار $q$ و $w$ دارد	-
	بستگی به مقدار $q$ و $w$ دارد	+

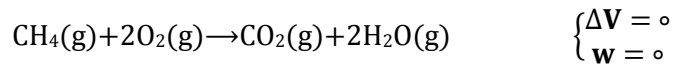


**نکته:** برای واکنش هایی که تنها از مواد جامد و مایع تشکیل شده اند تغییر حجم بسیار ناچیز و در حد صفر است.

برای محاسبه ی تغییر حجم از رابطه ی مقابل استفاده می کنند:  $\Delta V = V_{\text{فرآورده}} - V_{\text{واکنش دهنده}}$



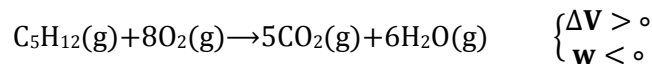
**مثال:** واکنش سوختن متان را در یک ظرف با حجم ثابت در نظر بگیرید و تغییر انرژی درونی آن را بررسی کنید؟



$$V_{\text{واکنش دهنده}} = 3, V_{\text{فرآورده}} = 3 \Rightarrow \Delta V = 3 - 3 = 0 \Rightarrow w = 0 \Rightarrow \Delta E = q$$

بنابراین تغییر انرژی درونی سامانه تنها ناشی از مبادله ی گرما است. چون سامانه به محیط گرما داده است پس علامت گرما و انرژی درونی منفی است. تغییرات حجم صفر است بنابراین کار انجام نمی شود.

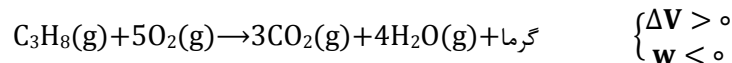
**مثال:** واکنش زیر را که در یک ظرف عایق بندی شده انجام شده در نظر بگیرید و تغییر انرژی درونی آن را بررسی کنید؟



$$V_{\text{واکنش دهنده}} = 9, V_{\text{فرآورده}} = 11 \Rightarrow \Delta V = 11 - 9 = 2 \Rightarrow w < 0 \Rightarrow \Delta E < 0$$

تغییر انرژی درونی تنها ناشی از کار انجام شده است. سامانه روی محیط کار انجام داده و علامت آن منفی است پس انرژی درونی سامانه کاهش یافته است. چون واکنش در ظرف عایق بندی شده انجام شده بنابراین مبادله ی گرما صورت نمی گیرد.  $q = 0$

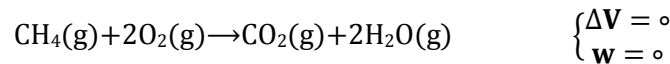
**مثال:** واکنش زیر را که در سیلندری با یک پیستون متحرک انجام می شود، در نظر بگیرید و تغییر انرژی درونی آن را بررسی کنید؟



۶ مول واکنش دهنده ی گازی و ۷ مول فرآورده ی گازی در معادله وجود دارد پس حجم افزایش یافته ( $\Delta V > 0$ ) و سامانه روی محیط کار انجام داده ( $w < 0$ ) و انرژی درونی سامانه کاهش یافته است. واکنش گرمازاست بنابراین سامانه به محیط گرما داده است و علامت گرما نیز منفی است. ( $q < 0$ ) و انرژی درونی سامانه کاهش یافته است. در این واکنش هم علامت کار انجام شده و هم علامت گرمای مبادله شده منفی است، بنابراین علامت تغییر انرژی درونی هم منفی خواهد بود.

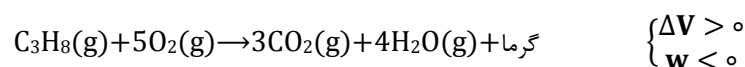
### واکنش های شیمیایی به دو روش انجام می شوند

**واکنش در حجم ثابت ( $\Delta V = 0$ ):** در این حالت واکنش در ظرفی با حجم ثابت انجام شده و تغییر حجم صورت نمی گیرد و تغییر انرژی درونی فقط ناشی از مبادله ی گرماست.



$$\Delta E = q + w = q + 0 \Rightarrow q_V = \Delta E$$

**واکنش در فشار ثابت ( $\Delta V \neq 0$ ):** در این حالت واکنش در ظرفی سرباز یا هر ظرف دیگری که فشار را ثابت نگه می دارد، انجام شده و با تغییر حجم، کار انجام می شود. تغییر انرژی درونی مبادله ی گرما و کار انجام شده است.



$$\Delta E = q + w \Rightarrow q = \Delta E - w \Rightarrow q_P = \Delta E - w \Rightarrow q_P = \Delta H$$

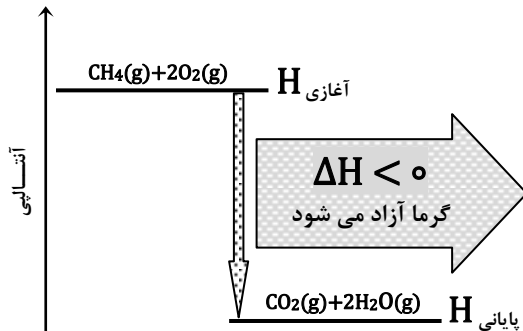
**آنتالپی:** گرمای مبادله شده در فشار ثابت را آنتالپی واکنش یا گرمای واکنش می گویند و آن را با  $\Delta H$  نشان می دهند.



نکته : اغلب واکنش های شیمیایی در فشار ثابت انجام می شوند و میزان تغییر آنتالپی با تغییر انرژی درونی تفاوت داشته ، کم تر یا بیش تر از آن است :

$$\Delta H = \Delta E - w$$

برای واکنش هایی که تنها از مواد جامد و مایع تشکیل شده اند تغییر حجم بسیار ناچیز و  $\Delta H = \Delta E$  خواهد بود.



**آنتالپی واکنش گرماده ( $\Delta H < 0$ ) :** در یک واکنش گرماده ، آنتالپی فرآورده هاکم تر از آنتالپی واکنش دهنده هاست. بنابراین تغییر آنتالپی منفی خواهد بود و آنتالپی سامانه کاهش می یابد.

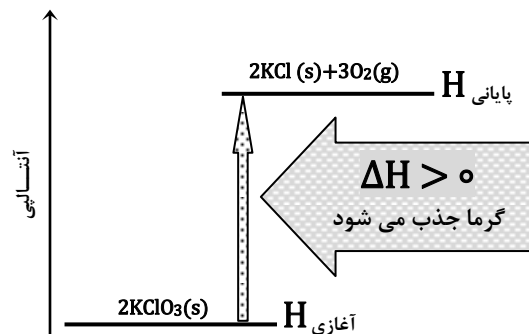
در یک واکنش گرماده ، گرما آزاد می شود و آنتالپی سامانه کاهش می یابد.

$$\Delta H = H_{\text{پایانی}} - H_{\text{آغازی}}$$

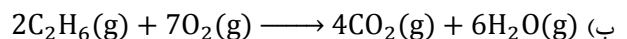
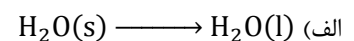
**آنتالپی واکنش گرماگیر ( $\Delta H > 0$ ) :** در یک واکنش گرماگیر ، آنتالپی فرآورده ها بیش تر از آنتالپی واکنش دهنده هاست. بنابراین تغییر آنتالپی مثبت خواهد بود و آنتالپی سامانه افزایش می یابد.

در یک واکنش گرماگیر ، گرما جذب می شود و آنتالپی سامانه افزایش می یابد.

$$\Delta H = H_{\text{پایانی}} - H_{\text{آغازی}}$$



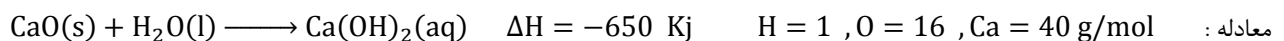
مثال : هر یک از فرآیندهای زیر گرماده است یا گرماگیر ؟ علامت  $\Delta H$  را تعیین کنید.



پاسخ الف) ذوب شدن یخ گرماگیر است و  $\Delta H > 0$  است.

پاسخ ب) سوختن گاز اتان گرماده است و  $\Delta H < 0$  است.

مثال : کلسیم اکسید ( آهک ) بر اثر واکنش با آب ، کلسیم هیدروکسید ( آهک مرده ) تولید می کند. اگر در یک واکنش ۰/۲۸ کیلوگرم کلسیم اکسید با مقدار کافی آب واکنش دهد ، چند کیلو ژول گرما آزاد می شود؟



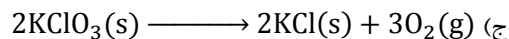
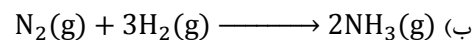
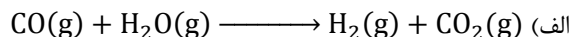
$$\text{پاسخ : } \text{KJ} = 0.28 \text{ Kg CaO} \times \frac{1000 \text{ g CaO}}{1 \text{ Kg CaO}} \times \frac{1 \text{ mol CaO}}{56 \text{ g CaO}} \times \frac{-650 \text{ KJ}}{1 \text{ mol CaO}} = -3250 \text{ KJ}$$

مثال : در یک واکنش گرماده ، ۹۰ کیلوژول گرما آزاد و ۱۰ کیلو ژول کار روی محیط انجام می شود. تغییر انرژی درونی سامانه را محاسبه کنید؟

پاسخ : چون گرماده است پس علامت گرما منفی ( $q = -90$ ) و چون سامانه روی محیط کار انجام داده علامت کار نیز منفی ( $w = -90$ )

$$\Delta E = q + w = -90 - 10 = -100 \text{ KJ} \quad \text{خواهد بود. بنابراین :}$$

مثال : واکنش های زیر در فشار ثابت در یک ظرف با پیستون متحرک انجام شده است. علامت کار انجام شده را مشخص کنید؟



پاسخ الف)  $\Delta V = 0 \Rightarrow w = 0$  کاری انجام نمی شود.

پاسخ ب)  $\Delta V < 0 \Rightarrow w > 0$  محیط روی سامانه کار انجام می دهد و انرژی درونی سامانه افزایش می یابد.

پاسخ ج)  $\Delta V > 0 \Rightarrow w < 0$  سامانه روی محیط کار انجام می دهد و انرژی درونی سامانه کاهش می یابد.

پاسخ د)  $\Delta V > 0 \Rightarrow w < 0$  سامانه روی محیط کار انجام می دهد و انرژی درونی سامانه کاهش می یابد.

### حالت استاندارد

برای آن که اندازه گیری تغییر آنتالپی همه ی واکنش های شیمیایی در شرایط یکسانی انجام شود ، شرایط ویژه ای به نام حالت استاندارد ترمودینامیکی تعریف می کنند.

**حالت استاندارد ترمودینامیکی :** پایدارترین شکل ماده ی خالص در فشار **1 atm** و دمایی مشخص ( معمولاً دمای اتاق  $25^\circ\text{C}$  ) را حالت

استاندارد ترمودینامیکی می گویند.

حالت استاندارد چند ماده :  $\text{H}_2\text{O(l)} , \text{CO}_2\text{(g)} , \text{Mg(s)} , \text{O}_2\text{(g)} , \text{Hg(l)} , \text{Cl}_2\text{(g)} , \text{C (graphit)} , \text{Br}_2\text{(l)} , \text{I}_2\text{(s)}$



نکته : مواد در حالت های زیر دارای شرایط استاندارد هستند :

۱. مواد جامد یا مایع باید خالص باشند.

۲. مواد گازی باید خالص و دارای فشار **1 atm** باشند.

۳. مواد محلول باید دارای غلظت  $1 \text{ mol. L}^{-1}$  باشند.



نکته : برای مشخص کردن شرایط استاندارد علامت  $(^\circ)$  را بالای نماد کمیتی قرار می دهند که در آن شرایط اندازه گیری می شود به عنوان مثال  $\Delta H^\circ$  نشان دهنده ی آنتالپی استاندارد است یعنی همه ی مواد شرکت کننده در واکنش در حالت استاندارد هستند.



نکته : از میان دگر شکل های مختلف یک عنصر ، پایدارترین دگر شکل به عنوان استاندارد انتخاب می شود. از میان دگر شکل های کربن ( الماس و گرافیت ) گرافیت به عنوان حالت استاندارد پذیرفته شده است.



نکته : در هنگام محاسبه ی آنتالپی ، علاوه بر مشخص بودن دما و فشار ، باید حالت فیزیکی واکنش دهنده ها و فرآورده ها نیز مشخص باشد.

مثال : علت اختلاف آنتالپی دو واکنش زیر را بیان کنید ؟



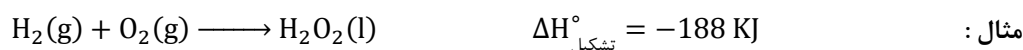
پاسخ : زیرا در واکنش (۱) آب به حالت گاز و در واکنش (۲) آب به حالت مایع تولید شده است و مقداری از گرمای تولید شده در واکنش (۱) صرف بخار کردن مولکول های آب شده است.

### تغییر آنتالپی های مهم

۱. آنتالپی استاندارد تشکیل ( $\Delta H_{\text{تشکیل}}^\circ$ ) : اغلب منفی است.
۲. آنتالپی استاندارد سوختن ( $\Delta H_{\text{سوختن}}^\circ$ ) : همواره منفی است.
۳. آنتالپی استاندارد تبخیر ( $\Delta H_{\text{تبخیر}}^\circ$ ) : همواره مثبت است.
۴. آنتالپی استاندارد ذوب ( $\Delta H_{\text{ذوب}}^\circ$ ) : همواره مثبت است.
۵. آنتالپی استاندارد تصعید ( $\Delta H_{\text{تصعید}}^\circ$ ) : همواره مثبت است.
۶. آنتالپی استاندارد پیوند ( $\Delta H_{\text{پیوند}}^\circ$ ) : همواره مثبت است.

آنتالپی استاندارد تشکیل ( $\Delta H_{\text{تشکیل}}^\circ$ ) : تغییر آنتالپی واکنشی که در آن یک مول ماده در حالت استاندارد از عناصر سازنده اش در حالت

استاندارد تشکیل می شود ، آنتالپی استاندارد تشکیل آن ماده می گویند.



نکته : آنتالپی استاندارد تشکیل عنصرها صفر در نظر گرفته می شود. از میان دگر شکل های یک عنصر نیز آنتالپی استاندارد

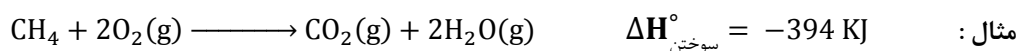
تشکیل دگر شکل پایدارتر صفر در نظر گرفته می شود.  $Na(s), Cl_2(g), Br_2(l), O_2(g), Fe(s), Hg(l), C(\text{graphit})$

مثال : چرا آنتالپی استاندارد تشکیل بسیاری از مواد منفی است ؟

زیرا بیش تر مواد از عناصر سازنده ی خود پایدارتر هستند.

آنتالپی استاندارد سوختن ( $\Delta H_{\text{سوختن}}^\circ$ ) : تغییر آنتالپی واکنشی که در آن یک مول از ماده در مقدار کافی اکسیژن خالص بسوزد ، آنتالپی

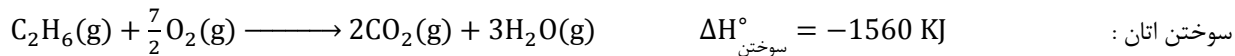
استاندارد سوختن آن ماده می گویند.



نکته : آنتالپی استاندارد سوختن مواد همواره منفی است. زیرا واکنش سوختن همواره گرماده است. و در میان هیدروکربن های یک

خانواده ، با افزایش تعداد اتم های کربن ، آنتالپی سوختن افزایش می یابد.

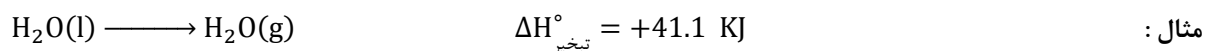
مثال : با توجه به آنتالپی استاندارد سوختن اتان ، اتن و اتین ، انتظار دارید شعله ی حاصل از سوختن کدام یک داغ تر باشد ؟ چرا ؟



پاسخ : اگر چه گرمای حاصل از سوختن اتین کم تر از اتان و اتن است اما دمای شعله ی آن بیش تر است. زیرا تعداد مول های فرآورده ی گازی در اتین ( ۳مول ) کم تر از اتن ( ۴ مول ) و اتان ( ۵ مول ) است. لذا در اتین مقدار گرمای لازم برای رساندن دمای این گازها به دمای شعله کم تر از دو گاز دیگر است و به همین علت دمای شعله ی اتین بیش تر است.

آنتالپی استاندارد تبخیر (  $\Delta H_{\text{تبخیر}}^{\circ}$  ) : تغییر آنتالپی فرآیندی که در آن یک مول از ماده در دمای جوش خود تبخیر شود ، آنتالپی استاندارد

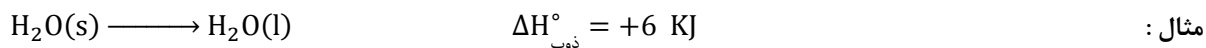
تبخیر آن ماده می گویند.



نکته : آنتالپی استاندارد تبخیر همه ی مواد مثبت است به عبارت دیگر فرآیند تبخیر گرماگیر است. هر چه نیروی جاذبه ی بین ذره های تشکیل دهنده ی ماده قوی تر باشد ، آنتالپی تبخیر آن ماده بیش تر خواهد بود.

آنتالپی استاندارد ذوب (  $\Delta H_{\text{ذوب}}^{\circ}$  ) : تغییر آنتالپی فرآیندی که در آن یک مول از ماده جامد در دمای ذوب خود به مایع تبدیل شود ، آنتالپی

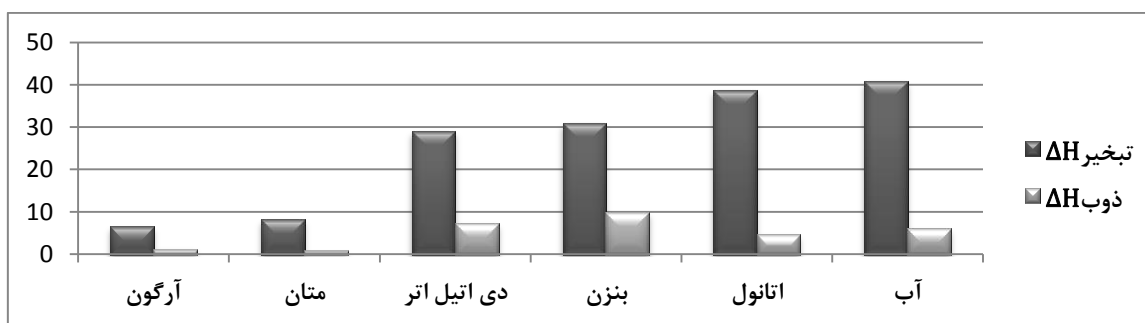
استاندارد ذوب آن ماده می گویند.



نکته : آنتالپی استاندارد ذوب همه ی مواد مثبت است به عبارت دیگر فرآیند ذوب گرماگیر است.

مثال : چرا همواره آنتالپی استاندارد تبخیر یک ماده از آنتالپی استاندارد ذوب آن ماده بیش تر است ؟

پاسخ : زیرا در هنگام تبخیر گرمای لازم به مایع داده می شود و چون ذره های مایع دارای حرکت های ارتعاشی ، چرخشی و انتقالی هستند لذا گرمای بیش تری برای افزایش جنب و جوش ذره ها لازم است. اما در هنگام ذوب گرمای لازم به جامد داده می شود و در حالت جامد ذره ها تنها حرکت ارتعاشی دارند بنابراین برای افزایش این حرکت گرمای کم تری لازم است.



آنتالپی استاندارد تصعید ( $\Delta H_{\text{تصعید}}^{\circ}$ ): تغییر آنتالپی فرآیندی که در آن یک مول از ماده تصعید شود، آنتالپی استاندارد تصعید آن ماده می

گویند.



مثال:



نکته: آنتالپی استاندارد تصعید همه ی مواد مثبت است به عبارت دیگر فرآیند تصعید گرماگیر است. و می توان آنتالپی استاندارد

$$\Delta H_{\text{تصعید}}^{\circ} = \Delta H_{\text{ذوب}}^{\circ} + \Delta H_{\text{تبخیر}}^{\circ}$$

تصعید را حاصل جمع آنتالپی استاندارد ذوب و تبخیر در نظر گرفت:

آنتالپی استاندارد پیوند ( $\Delta H_{\text{پیوند}}^{\circ}$ ): تغییر آنتالپی فرآیندی است که در آن یک مول پیوند به اتم های سازنده ی خود به حالت گازی شکسته

می شود. به آن آنتالپی تفکیک پیوند یا آنتالپی پیوند نیز می گویند.



مثال:

از آن جا که انرژی لازم برای شکستن همه ی پیوندها در مولکولی مانند  $\text{CH}_4$  یکسان نیست، از این رو متوسط آنتالپی پیوند را در نظر می گیرند.

### گرماسنجی روش مستقیم اندازه گیری گرمای یک واکنش

در روش مستقیم مقداری از واکنش دهنده ها را در شرایط مناسب بر هم اثر می دهند و گرمای واکنش را به طور مستقیم به وسیله ی دستگاهی به نام گرماسنج اندازه گیری می کنند.

گرماسنج: دستگاهی است که برای اندازه گیری گرمای مبادله شده در یک واکنش شیمیایی به کار برده می شود. دو نوع گرماسنج وجود دارد:

۱. گرماسنج لیوانی

۲. گرماسنج بمبی



گرماسنج لیوانی: این گرماسنج شامل مقدار معینی آب یا محلول یک واکنش

دهنده در یک ظرف عایق بندی شده است. در این گرماسنج یک دماسنج و یک هم

زن قرار دارد. پیش از انجام واکنش دمای اولیه ی آب یا محلول و پس از انجام واکنش

نیز دمای نهایی آب را اندازه گیری می کنند و با استفاده از اختلاف دمای پیش و پس

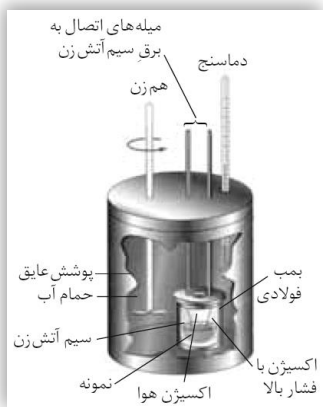
از آزمایش گرمای واکنش را محاسبه می کنند.

$$Q = mc(\theta_2 - \theta_1)$$

فرمول:

نکته: گرماسنج لیوانی برای اندازه گیری گرمای واکنش در فشار ثابت به کار برده می شود. ( $\Delta H$  را اندازه گیری می کند).





**گرماسنج بمبی:** در گرماسنج بمبی محفظه‌ی انجام واکنش درون یک حمام آب قرار دارد. گرمای آزاد شده حاصل از انجام واکنش سبب گرم شدن بمب، گرم شدن آب و افزایش دمای حمام آب می‌شود. با استفاده از اندازه‌گیری دمای این مجموعه و محاسبه‌ی ساده می‌توان گرمای واکنش را محاسبه کرد.

**نکته:** گرماسنج بمبی برای اندازه‌گیری گرمای واکنش در حجم ثابت به کار برده می‌شود. ( $\Delta E$  را اندازه‌گیری می‌کند). از این نوع گرماسنج برای اندازه‌گیری گرمای سوختن یک ماده استفاده می‌کنند.



### روش های غیر مستقیم تعیین گرمای واکنش های شیمیایی

گرمای بسیاری از واکنش‌های شیمیایی را نمی‌توان به طور مستقیم اندازه‌گرفت زیرا بسیاری از واکنش‌ها در شرایط بسیار سختی انجام می‌شوند. گرمای چنین واکنش‌هایی را به روش غیر مستقیم محاسبه می‌کنند:

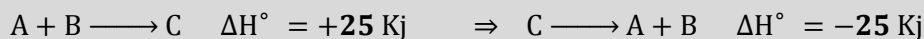
۱. استفاده از قانون هس
۲. استفاده از آنتالپی استاندارد تشکیل مواد
۳. استفاده از آنتالپی پیوند

**محاسبه‌ی گرمای واکنش با استفاده از قانون هس:** از آن‌جا که تغییر آنتالپی یک واکنش تابع حالت است و تنها به حالت آغازی و پایانی واکنش وابسته است، بنابراین مقدار آن در همه‌ی مسیرها یکسان است.

**قانون هس:** اگر یک واکنش، جمع دو یا چند واکنش دیگر باشد،  $\Delta H$  واکنش کلی مجموع مقادیر  $\Delta H$  همه‌ی واکنش‌های تشکیل دهنده‌ی آن است.



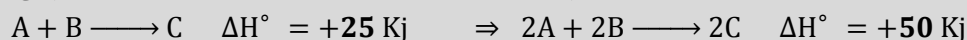
**نکته:** اگر جهت انجام یک واکنش عکس شود،  $\Delta H$  آن تغییر علامت می‌دهد.



مثال:

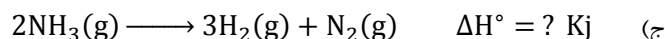
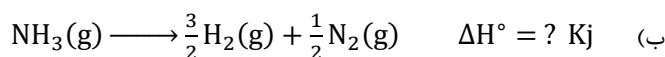


**نکته:** اگر واکنش در عددی ضرب یا بر عددی تقسیم شود،  $\Delta H$  آن در همان عدد ضرب یا بر همان عدد تقسیم می‌شود.

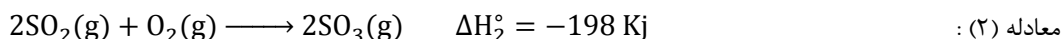
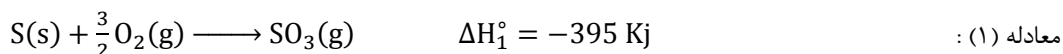


مثال:

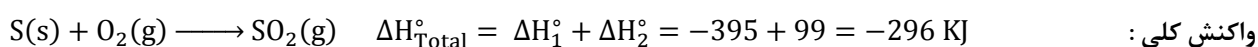
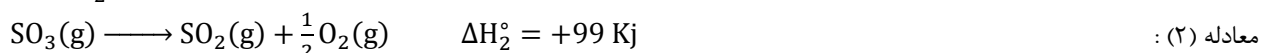
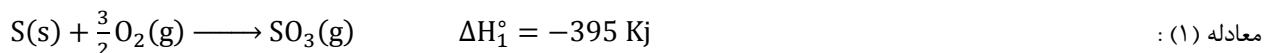
**تمرین:** با توجه به واکنش مقابل  $\Delta H$  واکنش‌های زیر را به دست آورید:  $3\text{H}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{NH}_3(\text{g}) \quad \Delta H^\circ = -92 \text{ KJ}$



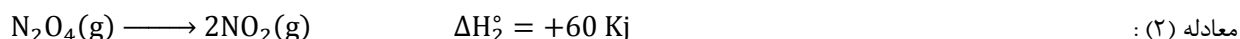
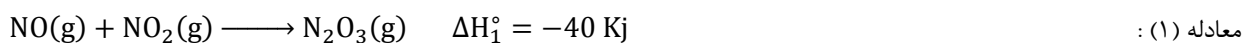
مثال: با توجه به معادله های زیر مقدار  $\Delta H$  واکنش مقابل را به دست آورید:  $S(s) + O_2(g) \longrightarrow SO_2(g) \quad \Delta H^\circ = ? \text{ KJ}$



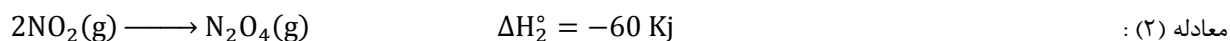
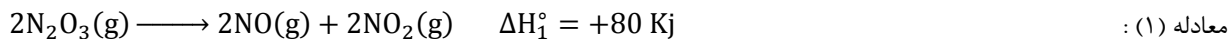
پاسخ: ابتدا باید معادله ها را طوری تغییر دهیم که  $SO_2(g)$  در طرف راست،  $S(s)$  و  $O_2(g)$  در سمت چپ ظاهر شوند. بنابراین واکنش (۲) را عکس کرده و بر عدد ۲ تقسیم می کنیم:



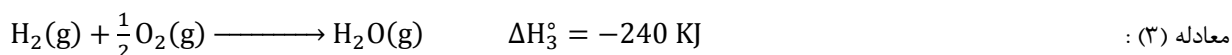
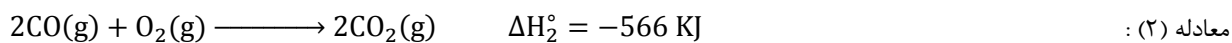
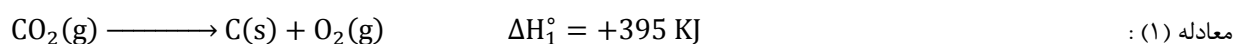
مثال: با استفاده از قانون هس و معادله های زیر، آنتالپی واکنش:  $2N_2O_3(g) \longrightarrow 2NO(g) + N_2O_4(g)$  را حساب کنید:



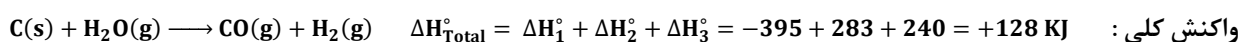
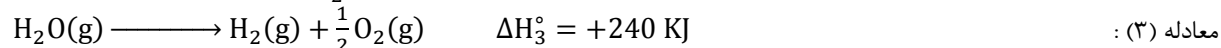
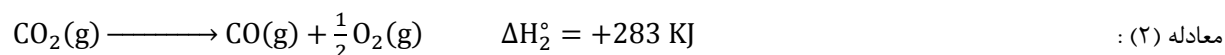
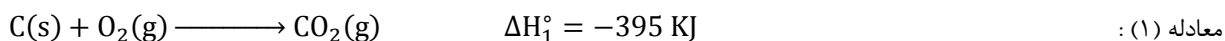
پاسخ: باید معادله (۱) را عکس و در عدد ۲ ضرب و معادله (۲) را عکس کنیم:



مثال: با استفاده از معادله های زیر آنتالپی واکنش مقابل را حساب کنید:  $C(s) + H_2O(g) \longrightarrow CO(g) + H_2(g)$



پاسخ: باید معادله (۱) را عکس، معادله (۲) را عکس و بر ۲ تقسیم و معادله (۳) را عکس کرد:





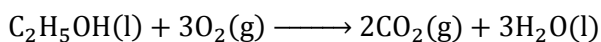
محاسبه ی گرمای واکنش با استفاده از آنتالپی استاندارد تشکیل مواد : گرمای یک واکنش شیمیایی در دما و فشار ثابت را می توان با استفاده از آنتالپی استاندارد تشکیل واکنش دهنده ها و فرآورده ها به صورت زیر محاسبه کرد :

$$[ \text{مجموع آنتالپی استاندارد تشکیل واکنش دهنده ها} ] - [ \text{مجموع آنتالپی استاندارد تشکیل فرآورده ها} ] = \text{گرمای واکنش}$$



نکته : آنتالپی استاندارد تشکیل عناصر در پایدارترین حالت برابر صفر در نظر گرفته می شود.

مثال : واکنش سوختن اتانول را در نظر بگیرید :



آنتالپی استاندارد سوختن اتانول را با توجه به اطلاعات زیر محاسبه کنید؟

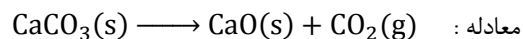
اطلاعات :  $\Delta H_{\text{تشکیل}}^\circ(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})) = -278$  ,  $\Delta H_{\text{تشکیل}}^\circ(\text{CO}_2(\text{g})) = -394$  ,  $\Delta H_{\text{تشکیل}}^\circ(\text{H}_2\text{O}(\text{l})) = -286$  KJ/mol

$$\Delta H_{\text{r}}^\circ = [2\Delta H_{\text{f}}^\circ(\text{CO}_2) + 3\Delta H_{\text{f}}^\circ(\text{H}_2\text{O})] - [\Delta H_{\text{f}}^\circ(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) + 3\Delta H_{\text{f}}^\circ(\text{O}_2)] \quad \text{پاسخ :}$$

$$\Delta H_{\text{r}}^\circ = [2 \times (-394) + 3 \times (-286)] - [(-278) + 3 \times (0)] = -1368 \text{ KJ} \quad \text{ادامه :}$$

$\Delta H_{\text{تشکیل}}^\circ$ (Kj. mol <sup>-1</sup> )	ماده
-۱۲۰۷	CaCO <sub>3</sub> (s)
-۶۳۵	CaO(s)
-۳۹۴	CO <sub>2</sub> (g)

مثال : آنتالپی واکنش زیر را با توجه به اطلاعات داده شده در جدول محاسبه کنید:

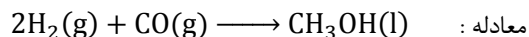


$$\Delta H_{\text{r}}^\circ = [\Delta H_{\text{f}}^\circ(\text{CaO}) + \Delta H_{\text{f}}^\circ(\text{CO}_2)] - [\Delta H_{\text{f}}^\circ(\text{CaCO}_3)] \quad \text{پاسخ :}$$

$$\Delta H_{\text{r}}^\circ = [(-635) + (-394)] - [(-1207)] = +178 \text{ KJ} \quad \text{ادامه :}$$

$\Delta H_{\text{تشکیل}}^\circ$ (Kj. mol <sup>-1</sup> )	ماده
-۱۱۱	CO(g)
-۲۳۹	CH <sub>3</sub> OH(l)

مثال : آنتالپی واکنش زیر را با توجه به اطلاعات داده شده در جدول محاسبه کنید:



$$\Delta H_{\text{r}}^\circ = [\Delta H_{\text{f}}^\circ(\text{CH}_3\text{OH})] - [2\Delta H_{\text{f}}^\circ(\text{H}_2) + \Delta H_{\text{f}}^\circ(\text{CO})] \quad \text{پاسخ :}$$

$$\Delta H_{\text{r}}^\circ = [(-239)] - [2(0) + (-111)] = -128 \text{ KJ} \quad \text{ادامه :}$$

مثال : با توجه به معادله ی واکنش :  $\Delta H_{\text{r}}^\circ = -27 \text{ KJ}$   $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3\text{CO}(\text{g}) \longrightarrow 2\text{Fe}(\text{s}) + 3\text{CO}_2(\text{g})$  اگر آنتالپی استاندارد تشکیل  $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$  و  $\text{CO}(\text{g})$  به ترتیب برابر  $-۸۲۲$  و  $-۱۱۰$  کیلوژول بر مول باشد ، آنتالپی استاندارد تشکیل  $\text{CO}_2(\text{g})$  چقدر است؟

$$\Delta H_{\text{r}}^\circ = [2\Delta H_{\text{f}}^\circ(\text{Fe}) + 3\Delta H_{\text{f}}^\circ(\text{CO}_2)] - [\Delta H_{\text{f}}^\circ(\text{Fe}_2\text{O}_3) + 3\Delta H_{\text{f}}^\circ(\text{CO})] \quad \text{پاسخ :}$$

$$-27 = [2(0) + 3\Delta H_{\text{f}}^\circ(\text{CO}_2)] - [(-822) + 3(-110)] \quad \text{ادامه :}$$

$$-27 = 3\Delta H_{\text{f}}^\circ(\text{CO}_2) + 1152 \Rightarrow 3\Delta H_{\text{f}}^\circ(\text{CO}_2) = -1179 \Rightarrow \Delta H_{\text{f}}^\circ(\text{CO}_2) = 393 \text{ KJ} \quad \text{ادامه :}$$

محاسبه ی گرمای واکنش با استفاده از آنتالپی متوسط پیوند : در یک واکنش شیمیایی برخی پیوندها در واکنش دهنده ها شکسته شده و پیوندهای جدیدی در فرآورده ها تشکیل می شوند. گرمای یک واکنش به تغییرات انرژی پیوندها وابسته است. اگر همه ی مواد شرکت کننده در واکنش را به صورت گاز در نظر بگیریم ، می توان از رابطه ی زیر برای محاسبه ی گرمای واکنش استفاده کرد :

$$[ \text{مجموع آنتالپی استاندارد پیوندهای تشکیل شده} ] - [ \text{مجموع آنتالپی پیوندهای شکسته شده} ] = \text{گرمای واکنش}$$

از آن جا که در واکنش دهنده ها ، پیوندها شکسته شده و در فرآورده ها پیوندهای جدید تشکیل می شوند پس می توان نوشت :

$$[ \text{مجموع آنتالپی استاندارد پیوندهای فرآورده ها} ] - [ \text{مجموع آنتالپی پیوندهای واکنش دهنده ها} ] = \text{گرمای واکنش}$$



نکته : در این روش، متوسط آنتالپی پیوند، مبنای محاسبه است بنابراین مقدار گرمای واکنش حاصل از روش مستقیم ( گرماسنجی ) با مقدار حاصل از روش آنتالپی پیوند تفاوت دارد.

پیوند	C-H	H-Cl	C-Cl	Cl-Cl
آنتالپی (Kj/mol)	۴۱۲	۴۳۱	۳۳۱	۲۴۲

مثال : آنتالپی واکنش زیر را با استفاده از آنتالپی پیوندهای داده شده در جدول محاسبه کنید :  
واکنش :  $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{Cl}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CCl}_4(\text{g}) + 4\text{HCl}(\text{g})$

$$\Delta H_{\text{r}}^{\circ} = [4\Delta H_{\text{C-H}}^{\circ} + 2\Delta H_{\text{Cl-Cl}}^{\circ}] - [4\Delta H_{\text{C-Cl}}^{\circ} + 4\Delta H_{\text{H-Cl}}^{\circ}] \quad \text{پاسخ :}$$

$$\Delta H_{\text{r}}^{\circ} = [4(412) + 2(242)] - [4(331) + 4(431)] = -432 \text{ Kj} \quad \text{ادامه :}$$

پیوند	N≡N	H-Cl	N-H	Cl-Cl
آنتالپی (Kj/mol)	۴۱۲	۴۳۱	۳۸۹	۲۴۲

مثال : آنتالپی واکنش زیر را با استفاده از آنتالپی پیوندهای داده شده در جدول محاسبه کنید :  
واکنش :  $2\text{NH}_3(\text{g}) + 3\text{Cl}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 6\text{HCl}(\text{g})$

$$\Delta H_{\text{r}}^{\circ} = [6\Delta H_{\text{N-H}}^{\circ} + 3\Delta H_{\text{Cl-Cl}}^{\circ}] - [\Delta H_{\text{N}\equiv\text{N}}^{\circ} + 6\Delta H_{\text{H-Cl}}^{\circ}] \quad \text{پاسخ :}$$

$$\Delta H_{\text{r}}^{\circ} = [6(389) + 3(242)] - [(412) + 6(431)] = +62 \text{ Kj} \quad \text{ادامه :}$$

پیوند	H-Cl	H-H	Cl-Cl
آنتالپی (Kj/mol)	؟	۴۳۵	۲۴۲

مثال : آنتالپی واکنش زیر برابر  $187 \text{ Kj}$  - است. با توجه به آنتالپی پیوندهای داده شده در جدول مقدار آنتالپی پیوند H-Cl محاسبه کنید :  
واکنش :  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{HCl}(\text{g})$

$$\Delta H_{\text{r}}^{\circ} = [\Delta H_{\text{H-H}}^{\circ} + \Delta H_{\text{Cl-Cl}}^{\circ}] - [2\Delta H_{\text{H-Cl}}^{\circ}] \quad \text{پاسخ :}$$

$$-187 = [(435) + (242)] - [2\Delta H_{\text{H-Cl}}^{\circ}] \Rightarrow \Delta H_{\text{H-Cl}}^{\circ} = 432 \text{ Kj/mol} \quad \text{ادامه :}$$

مثال : اگر آنتالپی پیوندهای موجود در  $\text{NO}$  ،  $\text{O}_2$  ،  $\text{N}_2$  به ترتیب  $150$  ،  $120$  و  $225$  در نظر بگیریم :



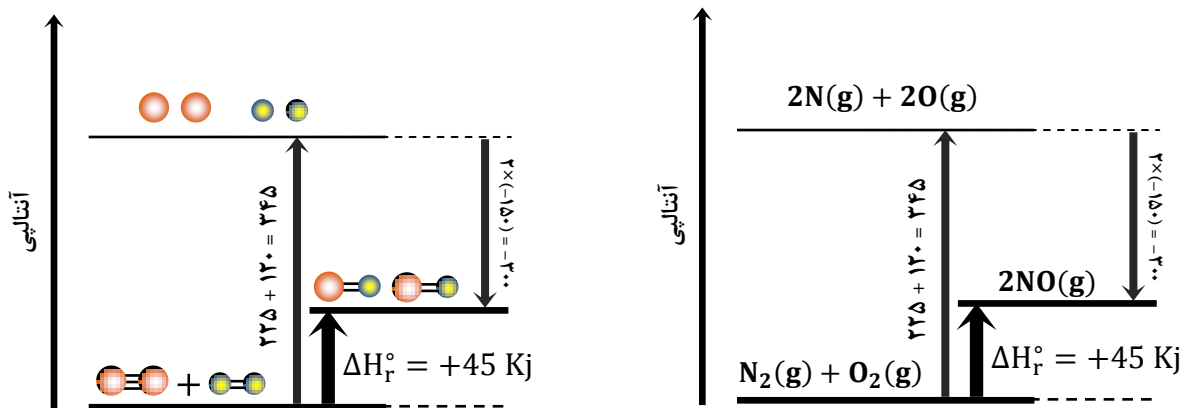
ب) مقدار آنتالپی واکنش را محاسبه کنید؟  
ج) نمودار تغییر آنتالپی واکنش را رسم کنید؟

پاسخ الف : واکنش گرماگیر است.

$$\Delta H_{\text{r}}^{\circ} = [\Delta H_{\text{N}\equiv\text{N}}^{\circ} + \Delta H_{\text{O=O}}^{\circ}] - [2\Delta H_{\text{N-O}}^{\circ}] \quad \text{پاسخ ب :}$$

$$\Delta H_{\text{r}}^{\circ} = [(225) + (120)] - [2(150)] = +45 \text{ Kj} \quad \text{ادامه :}$$

پاسخ ج :



### آنتروپی و تعیین جهت پیشرفت واکنش های شیمیایی

یکی از هدف های ترمودینامیک تعیین جهت پیشرفت واکنش های شیمیایی است. این که واکنش در کدام جهت خود به خود پیش می رود.

**فرآیند خود به خود :** فرآیندی است که در شرایط معین بدون نیاز به انرژی به طور خود به خود انجام می شود.

- ❖ یخ زدن آب در فشار یک اتمسفر و دمای ۵ درجه ی سلسیوس
- ❖ بخار شدن آب در دما و فشار معمولی
- ❖ تصعید ید در دما و فشار معمولی



**نکته :** یکی از عواملی که بر پیشرفت خود بخودی فرآیندها مؤثر است ، **عامل انرژی** می باشد. و فرآیندهایی که با **کاهش انرژی** سامانه همراه هستند ، به طور خود به خود انجام می شوند. مانند یخ زدن آب یا سوختن یک هیدروکربن که فرآیندهایی گرماده هستند. ( $\Delta H < 0$ )

اما فرآیندهای گرماگیری هم وجود دارند که خود به خود انجام می شوند. به عنوان مثال ، آب در دما و فشار معمولی به طور خود به خود و طی یک فرآیند گرماگیر به بخار آب تبدیل می شود :



برخی از نمک ها نیز طی یک فرآیند گرماگیر به طور خود به خود در آب حل می شوند :



برخی از واکنش های شیمیایی گرماگیر نیز به طور خود به خود انجام می شوند :



بنابراین نمی توان گفت که هر فرآیند گرماده ، خود به خود و هر فرآیند گرماگیر غیر خود به خود انجام می شود. پس باید غیر از عامل انرژی عامل دیگری نیز در تعیین جهت پیشرفت واکنش نقش داشته باشد و آن **عامل بی نظمی** یا **آنتروپی** است.

**آنتروپی یا بی نظمی :** مقدار بی نظمی سامانه یا بی نظمی مولکولی را آنتروپی می گویند و آن را با نماد  $S$  نشان می دهند. تغییرات بی نظمی یک تابع حالت است و تنها به حالت آغازی و پایانی واکنش بستگی دارد.

$$\Delta S = S_{\text{پایانی}} - S_{\text{آغازی}}$$



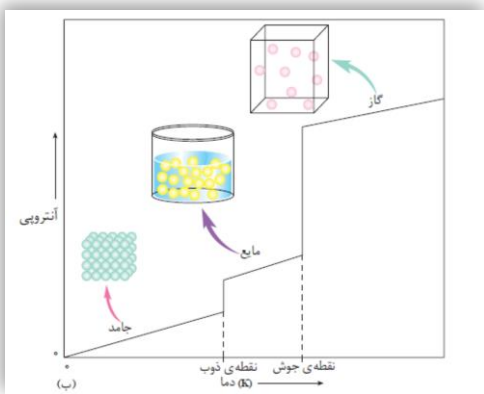
**نکته :** عامل دیگری که در تعیین جهت پیشرفت واکنش مؤثر است ، عامل **آنتروپی یا بی نظمی** است. واکنش های شیمیایی تمایل دارند در جهتی پیشرفت کنند که با **افزایش بی نظمی** سامانه همراه است. ( $\Delta S > 0$ )

بنابراین جهت تعیین جهت پیشرفت واکنش های شیمیایی دو عامل مهم نقش دارند :

۱. **عامل انرژی** ( $\Delta H < 0$ ) : فرآیندهایی که با کاهش انرژی سامانه همراه هستند به طور خود به خود انجام می شوند.
۲. **عامل آنتروپی** ( $\Delta S > 0$ ) : فرآیندهایی که با افزایش آنتروپی سامانه همراه هستند به طور خود به خود انجام می شوند.



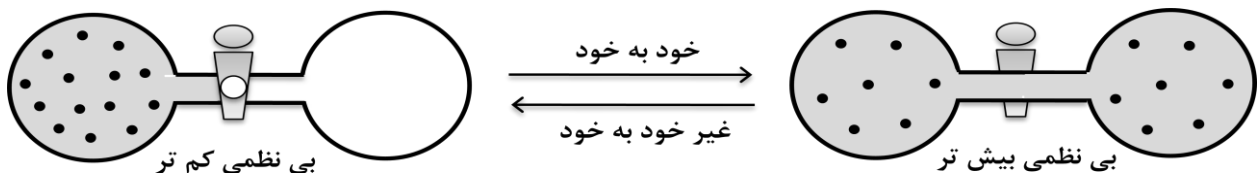
**نکته :** واکنش های شیمیایی و فرآیندهای فیزیکی در جهتی پیشرفت می کنند که با کاهش انرژی و افزایش آنتروپی همراه باشند.



در مورد **آنتروپی یا بی نظمی** به نکات زیر توجه کنید :

۱. آنتروپی ماده ی خالص با افزایش دما ، افزایش می یابد.
  - ❖ آنتروپی سدیم کلرید خالص در دمای ۴۵ درجه بیش تر از دمای ۳۰ درجه ی سلسیوس است.
۲. آنتروپی مواد خالص در صفر مطلق ، صفر در نظر گرفته می شود. زیرا در این دما ذره های سازنده ی ماده هیچ حرکتی ندارند.
۳. میزان افزایش آنتروپی تبخیر خیلی بیش تر از افزایش آنتروپی ذوب است.
۴. انحلال جامد در مایع با افزایش آنتروپی سامانه همراه است.
  - ❖ حل شدن سدیم کلرید در آب
  - ❖ حل شدن شکر در آب
۵. انحلال مایع در مایع با افزایش آنتروپی سامانه همراه است.
  - ❖ حل شدن الکل در آب
۶. انحلال گاز در مایع با کاهش آنتروپی سامانه همراه است.
  - ❖ حل شدن گاز کرین دی اکسید در آب
۷. در واکنش شیمیایی اگر تعداد مول فرآورده های گازی بیش تر از واکنش دهنده های گازی باشد ، آنتروپی افزایش یافته است.
  - ❖ در واکنش مقابل :
$$2C_2H_6(g) + 7O_2(g) \longrightarrow 4CO_2(g) + 6H_2O(g)$$

۹ مول واکنش دهنده ی گازی و ۱۰ مول فرآورده مشاهده می شود. بنابراین آنتروپی سامانه افزایش یافته است.
۸. اگر گازی را به ظرفی با حجم بزرگ تر انتقال دهیم آنتروپی آن افزایش می یابد و بالعکس.




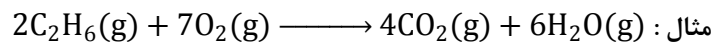
۹. آنتروپی یک سامانه ی منزوی طی یک فرآیند خود به خودی افزایش می یابد.

پیش گویی جهت انجام واکنش های شیمیایی

در بیش تر واکنش های شیمیایی هر دو عامل آنتالپی و آنترپی تغییر می کنند بنابراین به کمک این دو عامل می توان جهت انجام برخی از واکنش های شیمیایی را تعیین نمود :

$\Delta S$	$\Delta H$	پیش گویی جهت انجام واکنش
+	-	همواره خود به خود
مساعد	مساعد	
-	+	همواره غیر خود به خود
نامساعد	نامساعد	
-	-	بستگی به $\Delta S$ و $\Delta H$ دارد
نامساعد	مساعد	
+	+	بستگی به $\Delta S$ و $\Delta H$ دارد
مساعد	نامساعد	

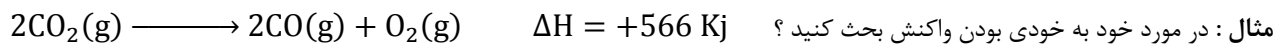
 نکته : با استفاده از آنترپی و آنتالپی تنها جهت برخی از واکنش های شیمیایی را می توان تعیین نمود اما اگر یکی از عوامل ، نامساعد باشد نمی توان جهت انجام واکنش را تعیین نمود.



آنتالپی : مساعد چون سوختن گرمازا است.  $\Delta H < 0$

آنترپی : مساعد چون افزایش حجم داریم.  $\Delta S > 0$

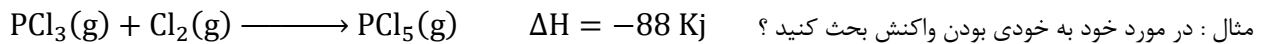
بنابراین واکنش خود به خودی است.



آنتالپی : نامساعد چون گرماگیر است.  $\Delta H > 0$

آنترپی : نامساعد چون کاهش حجم داریم.  $\Delta S < 0$

بنابراین واکنش غیر خود به خودی است.



آنتالپی : مساعد چون گرمازا است.  $\Delta H < 0$

آنترپی : نامساعد چون کاهش حجم داریم.  $\Delta S < 0$

بنابراین نمی توان جهت انجام واکنش را تعیین نمود زیرا آنتالپی مساعد ولی آنترپی نامساعد است.

انرژی آزاد گیبس

در بیش تر واکنش های شیمیایی آنتالپی و آنترپی تغییر می کنند و همان طور که در مثال های بالا ملاحظه کردید تعیین خود به خودی یا غیر خود به خودی انجام واکنش تنها با توجه به این دو پارامتر امکان پذیر نیست و نیاز به پارامتر دیگری دارد که این دو پارامتر را به هم ربط دهد. این پارامتر جدید انرژی آزاد نام دارد که ویلارد گیبس فیزیک دان آمریکایی برای انرژی آزاد معادله ای به دست آورد و این انرژی به افتخار او ، انرژی آزاد گیبس نام دارد :

انرژی آزاد : مقدار انرژی در دسترس برای انجام یک فرآیند را انرژی آزاد می گویند و آن را با  $G$  نشان می دهند. انرژی آزاد یک تابع حالت است و از رابطه ی زیر به دست می آید :

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

معادله :

در معادله ی فوق ، انرژی آزاد به عوامل زیر بستگی دارد:

۱. آنتالپی

۲. آنترپی

۳. دمای کلون

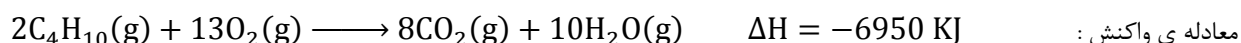
با توجه به علامت  $\Delta G$  می توان گفت که یک تغییر فیزیکی یا شیمیایی می تواند خود به خود انجام شود یا نه.

۱. اگر تغییرات انرژی آزاد منفی باشد ( $\Delta G < 0$ ) ، فرآیند خود به خودی است.
۲. اگر تغییرات انرژی آزاد مثبت باشد ( $\Delta G > 0$ ) ، فرآیند غیر خود به خودی است.
۳. اگر تغییرات انرژی آزاد صفر باشد ( $\Delta G = 0$ ) ، فرآیند تعادلی است.

در حالت کلی برای تعیین انجام خود به خودی فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی به جدول زیر توجه نمایید :

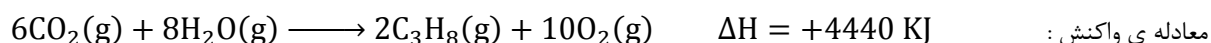
$\Delta S$	$\Delta H$	$\Delta G$	نحوه ی انجام واکنش
+	-	-	در همه ی دماها خود به خود
-	+	+	در همه ی دماها غیر خود به خود
+	+	-	در دماهای بالا خود به خود
+	+	+	در دماهای پایین غیر خود به خود
-	-	-	در دماهای پایین خود به خود
-	-	+	در دماهای بالا غیر خود به خود

مثال : در مورد انجام خود به خود یا غیر خودی واکنش زیر بحث کنید :



پاسخ : آنتالپی منفی ( $\Delta H < 0$ ) و مساعد ، آنتروپی مثبت ( $\Delta S > 0$ ) و مساعد است بنابراین واکنش در همه ی دماها خود به خود انجام می شود.

مثال : آیا واکنش زیر خود به خود انجام می شود ؟ اگر خود به خودی است در چه شرایطی و اگر غیر خودی است در چه شرایطی ؟



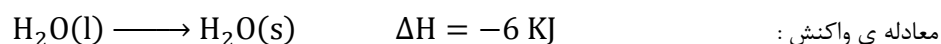
پاسخ : آنتالپی مثبت ( $\Delta H > 0$ ) و نامساعد ، آنتروپی منفی ( $\Delta S < 0$ ) و نامساعد است بنابراین واکنش در همه ی دماها غیر خود به خود انجام می شود.

مثال : آیا واکنش زیر خود به خود انجام می شود ؟ اگر خود به خودی است در چه شرایطی و اگر غیر خودی است در چه شرایطی ؟



پاسخ : آنتالپی مثبت ( $\Delta H > 0$ ) و نامساعد ، آنتروپی مثبت ( $\Delta S > 0$ ) و مساعد است بنابراین واکنش در دماهای بالا خود به خود و در دماهای پایین غیر خود به خود انجام می شود.

مثال : آیا واکنش زیر خود به خود انجام می شود ؟ اگر خود به خودی است در چه شرایطی و اگر غیر خودی است در چه شرایطی ؟



پاسخ : آنتالپی منفی ( $\Delta H < 0$ ) و مساعد ، آنتروپی منفی ( $\Delta S < 0$ ) و نامساعد است بنابراین واکنش در دماهای پایین خود به خود و در دماهای بالا غیر خود به خود انجام می شود.



سؤال های امتحان نهایی بخش دوم

شهریورماه ۸۹: درستی یا نادرستی هر یک از عبارت های زیر را مشخص کنید. در هر مورد علت را بنویسید. ۱/۵ نمره  
(ا) انرژی آزاد گیبس تابع حالت است.

(ب) ظرفیت گرمایی ویژه از جمله خواص شدتی سامانه است.

(پ) در یک گرماسنج بمبی، گرمای واکنش در فشار ثابت اندازه گیری می شود.

پاسخ (آ) درست، زیرا تنها به حالت آغازی و پایانی سامانه وابسته است. و به مسیر انجام فرآیند بستگی ندارد.

پاسخ (ب) درست، زیرا به مقدار ماده بستگی ندارد.

پاسخ (پ) نادرست، زیرا گرمای واکنش در حجم ثابت را اندازه گیری می کند.

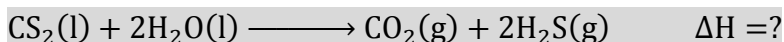
شهریورماه ۸۹: جدول زیر را کامل و به برگه ی خود منتقل کنید. ۱ نمره

فرآیند	آیا فرآیند خود به خود است؟	$\Delta H$	$\Delta S$
انحلال گاز آرگون در آب	.....	+	.....
ذوب یخ	در دمای بالا خود به خود است	.....	.....

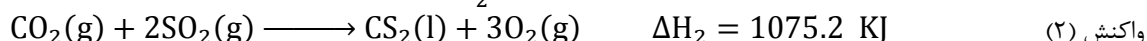
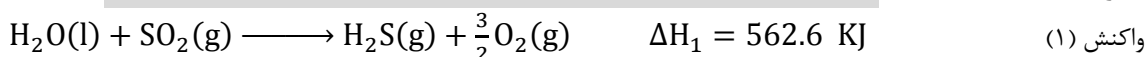
پاسخ:

فرآیند	آیا فرآیند خود به خود است؟	$\Delta H$	$\Delta S$
انحلال گاز آرگون در آب	غیر خود به خودی	+	-
ذوب یخ	در دمای بالا خود به خود است	+	+

شهریورماه ۸۹: با استفاده از  $\Delta H$  واکنش های (۱) و (۲) آنتالپی واکنش داخل کادر را به دست آورید: ۱/۵ نمره



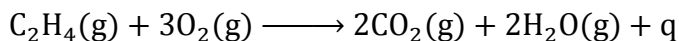
کادر:



پاسخ:



شهریورماه ۸۹: واکنش مقابل در دما و فشار ثابت در زیر سیلندر و پیستون روان انجام شده است. علامت  $q$ ،  $w$  و  $\Delta E$  را با نوشتن دلیل مشخص کنید؟ ۱/۵ نمره



پاسخ: گرما:  $q < 0$  چون واکنش گرماده است.

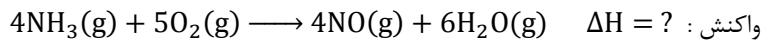
تغییر حجم:  $\Delta V = 0$  چون تعداد مول فرآورده های گازی و واکنش دهنده های گازی برابر است.

کار:  $w = 0$  چون تغییر حجم برابر صفر است.  $w = -p\Delta V = -p(0) = 0$

تغییر انرژی درونی:  $\Delta E < 0$  چون:  $\Delta E = q + w = q + 0 = q \xrightarrow{q < 0} \Delta E < 0$

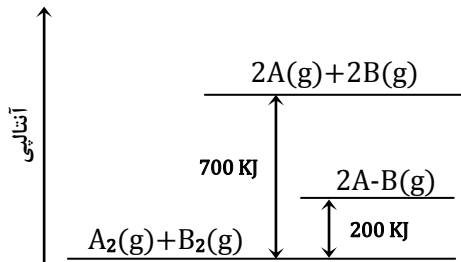
ترکیب	آنتالپی تشکیل $\Delta H_f^\circ$ (Kj/mol)
$H_2O(g)$	-۲۴۲
$NH_3(g)$	-۴۶
$NO(g)$	+۹۰

شهریورماه ۸۹: با استفاده از داده های جدول زیر،  $\Delta H$  واکنش مورد نظر را محاسبه کنید؟  
نمره ۱/۵



پاسخ:  $\Delta H_r^\circ = [4\Delta H_f^\circ(NO) + 6\Delta H_f^\circ(H_2O)] - [4\Delta H_f^\circ(NH_3) + 5\Delta H_f^\circ(O_2)]$

ادامه:  $\Delta H_r^\circ = [4(+90) + 6(-242)] - [4(-46) + 5(0)] = -908 \text{ KJ}$



شهریورماه ۸۹: با توجه به نمودار، آنتالپی پیوند

$A-B(g)$  را بر حسب  $Kj/mol$  محاسبه کنید؟  
نمره ۰/۷۵

پاسخ: آنتالپی پیوند فرآورده ها - آنتالپی پیوند واکنش دهنده ها = آنتالپی واکنش

$$200 = 700 - [2A-B(g)]$$

$$[2A-B(g)] = 700 - 200 = 500$$

$$A-B(g) = 250$$

خردادماه ۸۹: در هر مورد گزینه یا گزینه های مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید.  
نمره ۱/۵

(آ) تابع حالت است. ( $q$ ،  $\Delta S$ ،  $T$ )

(ب) مقدار انرژی در دسترس برای انجام فرآیند است. ( $\Delta E$ ،  $\Delta G$ ،  $\Delta H$ )

(پ) در سامانه ای مانند یک لیوان شربت آلبیمو، یک خاصیت شدتی به شمار می رود. (مقدار گرم شربت، تعداد مول های شکر، درصد شکر) (ت) آنتالپی استاندارد (پیوند، سوختن، میعان) همواره منفی است.

پاسخ (ت) سوختن، میعان

پاسخ (پ) درصد شکر

پاسخ (ب)  $\Delta G$

پاسخ (آ)  $\Delta S$ ،  $T$

خردادماه ۸۹: به ۶۰ گرم از فلزی خالص ۱۴۱ ژول گرما می دهیم تا دمای آن از ۳۵ به ۴۵ درجه ی سلسیوس افزایش یابد. با محاسبه مشخص

کنید این فلز کدام یک از فلزهای داده شده در جدول زیر است؟  
نمره ۱

فلز	آهن	سرب	نقره	مس
ظرفیت گرمایی ویژه $J \cdot g^{-1} \cdot C^{-1}$	۰/۴۵۱	۰/۱۲۸	۰/۲۳۵	۰/۳۸۵

پاسخ:  $q = mc(\theta_2 - \theta_1) \Rightarrow 141 = 60 \times c \times (45 - 35) \Rightarrow c = 0.235 \text{ J} \cdot g^{-1} \cdot C^{-1}$

بنابراین فلز مورد نظر نقره است. زیرا ظرفیت گرمایی ویژه ی حاصل مربوط به نقره است.

خردادماه ۸۹: درستی یا نادرستی هر یک از عبارات های زیر را مشخص کنید. شکل درست جمله های نادرست را بنویسید.  
نمره ۰/۷۵

(آ) در یک گرماسنج لیوانی، گرمای واکنش در حجم ثابت اندازه گیری می شود.

(ب) آنتروپی یک سامانه ی منزوی طی یک فرآیند خود به خودی افزایش می یابد.

پاسخ (ب) درست

پاسخ (آ) نادرست، گرمای واکنش در فشار ثابت اندازه گیری می شود.

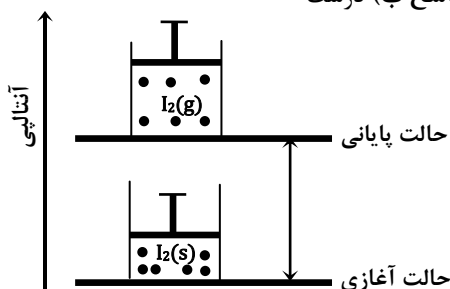
خردادماه ۸۹: فرآیند رو به رو در دما و فشار ثابت در زیر یک سیلندر و

پیستون روان انجام شده است. نمره ۲

(آ) علامت هر یک از کمیت های  $\Delta H$  و  $\Delta S$  در این فرآیند را با دلیل مشخص کنید.

(ب) معادله ی فرآیند انجام شده را بنویسید. این فرآیند چه نامیده می شود؟

(پ) علامت کار انجام شده را با نوشتن دلیل مشخص کنید؟





پاسخ آ)  $\Delta H > 0$  زیرا فرآیند تصعید گرماگیر است. یا سطح انرژی فرآورده بالاتر از واکنش دهنده ها است.  
 $\Delta S > 0$  زیرا آنتروپی در حالت گازی بیش تر از حالت جامد است.

پاسخ ب)  $I_2(s) \longrightarrow I_2(g)$  ، تصعید نامیده می شود.

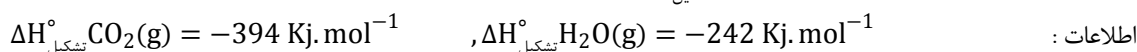
پاسخ پ) حجم افزایش پیدا کرده است ( $\Delta V > 0$ ) بنابراین سامانه روی محیط کار انجام داده و علامت کار انجام شده منفی است. ( $W < 0$ )

**خردادماه ۸۹:** با توجه به اطلاعات داده شده به پرسش های زیر پاسخ دهید : ۱/۷۵ نمره

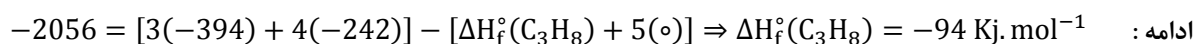
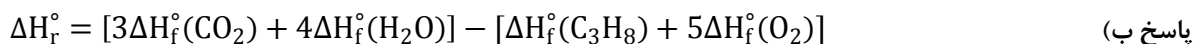


آ) چرا گرمای آزاد شده در واکنش (۲) بیش تر است؟

ب) با استفاده از اطلاعات داده شده  $\Delta H_{\text{تشکیل}}^\circ C_3H_8(g)$  را محاسبه کنید؟



پاسخ آ) زیرا در واکنش (۱) برای تبدیل آب به بخار آب مقداری گرما مصرف شده است.



**شهریورماه ۸۸:** در هر یک از عبارات های زیر گزینه ی درست را انتخاب کنید : ۱ نمره

آ) از گرماسنج برای اندازه گیری گرمای واکنش به روش (مستقیم - غیر مستقیم) استفاده می شود.

ب) گرماسنج لیوانی گرمای واکنش را در (حجم - فشار) ثابت اندازه گیری می کند.

پ) گرماسنج بمبی برای اندازه گیری گرمای (سوختن - تصعید) به کار می رود و ( $\Delta E - \Delta H$ ) آن را تعیین می کند.

پاسخ پ) سوختن -  $\Delta E$

پاسخ ب) فشار

پاسخ آ) مستقیم

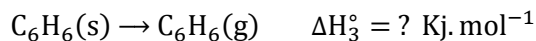
**شهریورماه ۸۸:** آ) با قرار دادن علامت ضربدر ، مقداری یا شدتی بودن هر

کمیت را مشخص کنید؟ ۲ نمره کل

ب) تغییر آنتالپی واکنش های (۱) و (۲) ،  $\Delta H^\circ$  چه فرآیندهایی را نشان می دهد؟

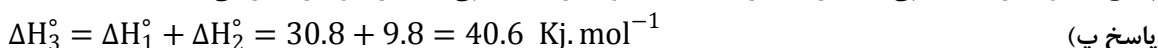


پ) حساب کنید  $\Delta H_3^\circ$  چند کیلو ژول بر مول است؟

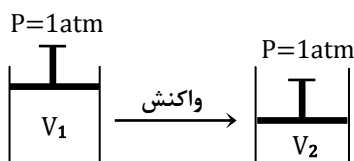


پاسخ آ) ظرفیت گرمایی مولی : شدتی      ظرفیت گرمایی : مقداری      ظرفیت گرمایی ویژه : شدتی      دما : شدتی

پاسخ ب) واکنش (۱) آنتالپی استاندارد تبخیر      واکنش (۲) آنتالپی استاندارد ذوب را نشان می دهد.



**شهریورماه ۸۸:** در شکل مقابل پس از انجام واکنش در یک سیلندر و پیستون روان سامانه به محیط گرما داده است.



آ) گرمای مبادله شده در واکنش چه نامیده می شود؟ چرا؟

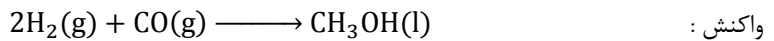
ب) علامت کار انجام گرفته ، مثبت است یا منفی؟ چرا؟

پاسخ آ) آنتالپی ، چون در فشار ثابت انجام شده است.

پاسخ ب) مثبت ، چون حجم کاهش یافته ( $\Delta V < 0$ ) یا محیط روی سامانه کار انجام داده است. ( $W > 0$ )

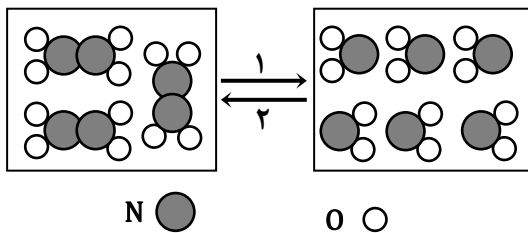
ترکیب	آنتالپی: $\Delta H_f^\circ$ (Kj/mol) تشکیل
CH <sub>3</sub> OH(l)	-۲۳۸/۷
CO(g)	-۱۱۰/۵

شهریورماه ۸۸: با استفاده از داده های جدول زیر  $\Delta H^\circ$  واکنش داده شده را محاسبه کنید. ۱ نمره



پاسخ:  $\Delta H_r^\circ = [\Delta H_f^\circ(CH_3OH)] - [2\Delta H_f^\circ(H_2) + \Delta H_f^\circ(CO)]$

ادامه:  $\Delta H_r^\circ = [(-238.7)] - [2(0) + (-110.5)] = -128.2 \text{ Kj}$



شهریورماه ۸۸: واکنش گازی شکل مقابل را در نظر بگیرید و پاسخ دهید:

۱/۵ نمره

آ معادله ی موازنه شده ی واکنش به صورت:  $3N_2O_4(s) \rightleftharpoons 6NO_2(g)$  نوشته شده است. دو ایراد آن را مشخص کرده و شکل درست معادله را بنویسید. ب) واکنش در کدام مسیر با افزایش آنتروپی همراه است؟ چرا؟ پ) اگر این واکنش در مسیر (۲) پیشرفت داشته باشد، گرماده است یا گرماگیر؟

پاسخ (آ) ۱. حالت فیزیکی دی نیتروژن تترا اکسید باید گازی نوشته شود. ۲. ضرایب باید بر سه تقسیم شوند.  $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$

پاسخ (ب) مسیر (۱) زیرا تعداد مول های گازی افزایش یافته است.

پاسخ (پ) گرماده

فشار (atm)	دما (°C)	یک مول ماده خالص
۱	۲۵	N <sub>2</sub>
۱/۵	۰	O <sub>2</sub>
۱	۰	C(s, الماس)
۰/۵	۵۰	CO <sub>2</sub>

شهریورماه ۸۸: با توجه به اطلاعات داده شده در جدول پاسخ دهید:

۱/۵ نمره

آ) کدام ماده در حالت استاندارد ترمودینامیکی قرار دارد؟ چرا؟

ب) توضیح دهید سرعت حرکت ذره ها در کدام ماده بیش تر است؟

پاسخ (آ) N<sub>2</sub> زیرا در فشار یک اتمسفر و دمایی مشخص (دمای اتاق) قرار دارد.

پاسخ (ب) CO<sub>2</sub> زیرا هر چه دما بیش تر باشد انرژی جنبشی ذره ها بیش تر خواهد شد.

خردادماه ۸۸: با استفاده از واژه های داخل کادر عبارت های زیر را کامل کنید: ۱/۲۵ نمره

مقداری - حالت - بمبی - شدتی - مسیر - لیوانی

آ) در یک سامانه، دما خاصیت ..... و ظرفیت گرمایی خاصیت ..... است.

ب) از گرماسنج ..... برای اندازه گیری گرمای یک واکنش در حجم ثابت استفاده می شود.

پ) انرژی درونی یک تابع ..... و کار یک تابع ..... است.

پاسخ (ب) حالت - مسیر

پاسخ (ب) بمبی

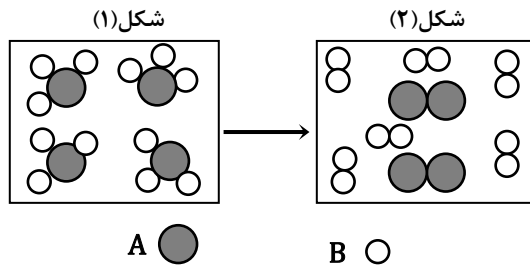
پاسخ (آ) شدتی - مقداری

خردادماه ۸۸: درستی یا نادرستی عبارت زیر را مشخص کرده و دلیل درستی یا نادرستی آن را بنویسید. ۰/۷۵ نمره

آنتالپی استاندارد تشکیل Mg(s) صفر در نظر گرفته می شود.

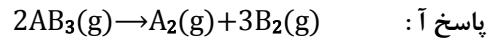
پاسخ: درست، زیرا در حالت استاندارد ترمودینامیکی خود به حالت جامد است.

خردادماه ۸۸: برای واکنش گازی نشان داده شده در شکل مقابل: ۲ نمره



$$\Delta H > 0$$

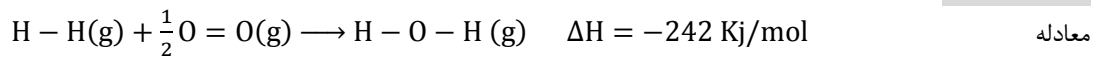
آ معادله ی موازنه شده را بنویسید؟  
ب) در کدام شکل آنترپی بیش تر است؟ چرا؟  
پ) این واکنش در چه شرایطی خود به خودی است؟  
(دمای بالا یا پایین) توضیح دهید.



پاسخ ب: شکل (۲) چون تعداد مول های مواد گازی افزایش پیدا کرده است.

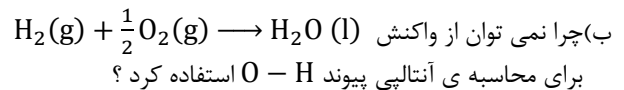
پاسخ پ: دمای بالا، واکنش گرماگیر بوده و با افزایش آنترپی همراه است. پس در دمای بالا مقدار  $-T\Delta S$  افزایش یافته و از  $\Delta H$  بزرگ تر می شود در نتیجه  $\Delta G < 0$  خواهد شد.

خردادماه ۸۸: با توجه به اطلاعات داده شده: ۱/۵ نمره



O=O	H-H	پیوند
۴۹۶	۴۳۶	آنتالپی پیوند (Kj/mol)

آ) آنتالپی پیوند  $O-H$  را به دست آورید؟

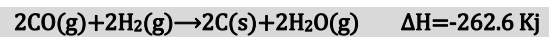
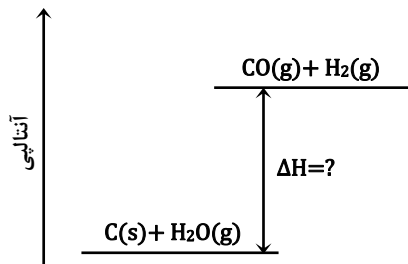


پاسخ آ)  $\Delta H_f^\circ = [\Delta H_{H-H}^\circ + \frac{1}{2}\Delta H_{O=O}^\circ] - [2\Delta H_{O-H}^\circ] \Rightarrow -242 = [436 + 248] - 2\Delta H_{O-H}^\circ$

ادامه:  $\Delta H_{O-H}^\circ = 463 \text{ Kj. mol}^{-1}$

پاسخ ب) زیرا همه ی مواد باید به حالت گازی باشند.

خردادماه ۸۸: آ) با استفاده از واکنش داخل کادر،  $\Delta H$  واکنش روی نمودار را به دست آورید؟ ۱/۲۵ نمره

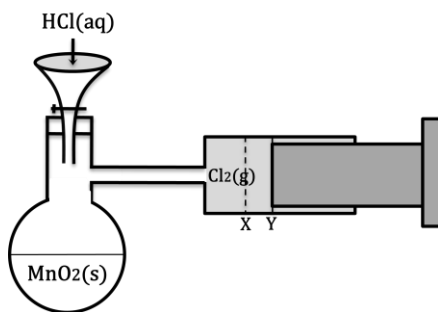


ب) مخلوط  $CO(g)$  و  $H_2(g)$  در صنعت چه نامیده می شود؟

پاسخ آ) باید ضرایب واکنش داده شده را نصف و عکس کنیم: پس  $\Delta H = 131.3 \text{ Kj}$  خواهد شد.

پاسخ ب) گاز آب نامیده می شود.

خردادماه ۸۸: در شکل مقابل پیستون در موقعیت X قرار دارد. پس از باز کردن شیر قیف و انجام واکنش در فشار ثابت، پیستون در وضعیت Y



قرار می گیرد. پاسخ دهید: ۱/۲۵ نمره

آ) گرمای مبادله شده در واکنش را با چه نمادی نشان می دهند؟  
ب) توضیح دهید سامانه روی محیط کار انجام داده یا محیط روی سامانه؟

پ) علامت W را مشخص کنید؟

پاسخ آ:  $\Delta H$

پاسخ ب: سامانه روی محیط کار انجام داده است. زیرا حجم افزایش یافته است.

پاسخ پ:  $W < 0$

**خردادماه ۸۸:** چرا حل شدن مایع در مایع با افزایش آنتروپی همراه است؟ ۰/۵ نمره

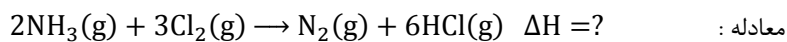
**پاسخ:** زیرا دو مایع که در هم حل می شوند، حجم بیش تری نسبت به دو مایع جدا از هم پیدا می کنند. پس در فضای بزرگ تر آزادی حرکت ذره های دو مایع بیش تر خواهد بود.

**دی ماه ۸۷:** (آ) برای افزایش دمای ۱۲۴ گرم ضد یخ (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>) از دمای ۲۵ به دمای ۴۰ درجه ی سلسیوس چند ژول گرما لازم است؟  
(ب) ظرفیت گرمایی مولی ضد یخ را به دست آورید؟ ۱/۲۵ نمره  
C<sub>C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub></sub> = 2.39 J.g<sup>-1</sup>.C<sup>-1</sup> , C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub> = 62 g/mol

**پاسخ آ:**  $q = mc(\theta_2 - \theta_1) = 124 \times 2.39 \times (40 - 25) = 4445.3 \text{ J}$

**پاسخ ب:**  $C_M = C \times M = 2.39 \times 62 = 148.18 \text{ J. mol}^{-1}. ^\circ\text{C}^{-1}$

**دی ماه ۸۷:** ΔH واکنش زیر را با توجه به اطلاعات داده شده به دست آورید: ۱/۵ نمره

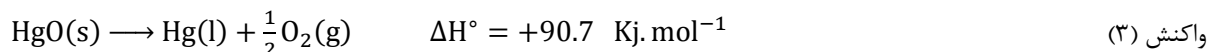
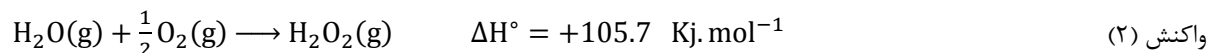


H-Cl	N-H	Cl-Cl	N≡N	آنتالپی پیوند
۴۳۱	۳۸۸	۲۴۲	۹۴۴	Kj/mol

**پاسخ:**  $\Delta H_r^\circ = [6\Delta H_{\text{N-H}}^\circ + 3\Delta H_{\text{Cl-Cl}}^\circ] - [2\Delta H_{\text{N}\equiv\text{N}}^\circ + 6\Delta H_{\text{H-Cl}}^\circ]$

**ادامه:**  $\Delta H_r^\circ = [(6 \times 388) + (3 \times 242)] - [(1 \times 944) + (6 \times 431)] = -476 \text{ KJ}$

**دی ماه ۸۷:** با توجه به معادله ی واکنش های داده شده ، دلیل هر مورد را بنویسید: ۱/۵ نمره  
(آ) کدام واکنش فقط در دماهای بالاتر از دمای اتاق خود به خود انجام می شود؟  
(ب) ΔG کدام واکنش مثبت است؟



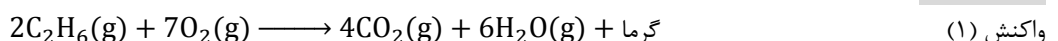
**پاسخ آ:** واکنش (۳) زیرا هم تغییر آنتالپی مثبت است (ΔH > ۰) و هم بی نظمی افزایش یافته است. (ΔS > ۰)  
**پاسخ ب:** واکنش (۲) زیرا هم تغییر آنتالپی مثبت است (ΔH > ۰) و هم بی نظمی کاهش یافته است. (ΔS < ۰)

**دی ماه ۸۷:** پاسخ هر مورد را بنویسید: ۱ نمره

(آ) کدام خاصیت (های) ترمودینامیکی داده شده شدتی است؟ (ظرفیت گرمایی - دما - چگالی)  
(ب) تغییر آنتروپی در کدام مورد (ها) مثبت است؟ (حل شدن شکر در چای - مایع شدن گاز آرگون - انجماد آب)  
(پ) از کدام گرماسنج برای اندازه گیری گرمای سوختن یک ماده استفاده می شود؟ (لیوانی - بمبی)

**پاسخ آ:** دما - چگالی  
**پاسخ ب:** حل شدن شکر در چای  
**پاسخ پ:** بمبی

**دی ماه ۸۷:** واکنش های زیر در سیلندری با پیستون متحرک (در فشار ثابت) انجام می گیرد: ۲ نمره



(آ) علامت ΔV را در هر واکنش بنویسید؟

(ب) در کدام واکنش محیط روی سامانه کار انجام داده است؟

(پ) گرمای مبادله شده در این واکنش ها با چه نمادی نشان داده می شود؟

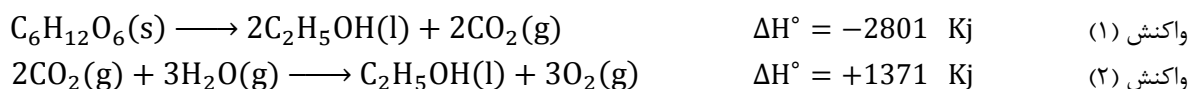
(ت) علامت ΔE را با نوشتن دلیل برای واکنش (۱) تعیین کنید؟

پاسخ آ: واکنش (۱):  $\Delta V > 0$  واکنش (۲):  $\Delta V < 0$  پاسخ ب: واکنش (۲)  $\Delta H$  پاسخ پ:  $\Delta H$   
پاسخ ت:  $\Delta V > 0$  در نتیجه  $w < 0$  و  $q < 0$  بنابراین:  $\Delta E = q + w \Rightarrow \Delta E < 0$

شهریور ماه ۸۷: با حذف گزینه های نادرست عبارت های درست را مشخص کنید: ۱/۲۵ نمره  
آبا تبدیل یک مولکول  $N_2O_4(g)$  به دو مولکول  $NO_2(g)$  آنتروپی (افزایش - کاهش) می یابد.  
ب(در گرماسنج لیوانی کمیت  $(\Delta E - \Delta H)$  در (حجم ثابت - فشار ثابت) اندازه گیری می شود.  
پ(گرمای واکنش سوختن یک مول گاز  $C_3H_8$  (کم تر - بیش تر) از یک مول گاز  $CH_4$  است.  
ت(حالت استاندارد کربن در دمای اتاق (الماس - گرافیت) در نظر گرفته شده است.

پاسخ آ) افزایش پاسخ ب)  $\Delta H$  - فشار ثابت پاسخ پ) بیش تر پاسخ ت) گرافیت

شهریور ماه ۸۷: کدام یک از واکنش های زیر در دمای اتاق خود به خود است؟ چرا؟ ۰/۷۵ نمره



پاسخ: واکنش (۱) زیرا با کاهش آنتالپی ( $\Delta H < 0$ ) و افزایش آنتروپی ( $\Delta S > 0$ ) همراه است. یعنی هر دو عامل مساعد هستند.

شهریور ماه ۸۷: پس از مشخص کردن عبارت (های) درست یا نادرست، شکل درست هر مورد نادرست را بنویسید: ۱/۲۵ نمره

آ) انرژی آزاد کمیتی است که فقط به حالت آغازی و پایانی هر تغییر بستگی دارد.  
ب) سامانه ای که در آن تنها مبادله ی انرژی انجام شود، سامانه ی منزوی است.  
پ) توزیع انرژی میان همه ی ذره های ماده یکسان است.

پاسخ آ: درست پاسخ ب: نادرست - بسته است. پاسخ پ: نادرست، یکسان نیست.

شهریور ماه ۸۷: برای رساندن دمای ۱۵ گرم اتانول از ۲۲/۷۰ به ۲۶/۲۰ درجه ی سلسیوس، ۱۲۹ ژول گرما لازم است: ۱/۲۵ نمره

آ) ظرفیت گرمایی مولی اتانول را حساب کنید؟  
ب) یکای ظرفیت گرمایی مولی را بنویسید؟

پاسخ آ:  $q = mc(\theta_2 - \theta_1) \Rightarrow 129 = 15 \times c \times (26.20 - 22.70) \Rightarrow c = 2.45 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$   
ادامه:  $C_M = C \times M = 2.45 \times 46 = 112.72 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$

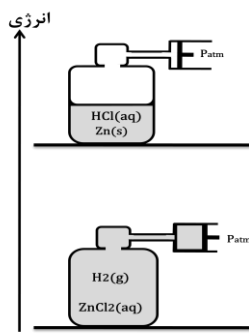
پاسخ ب:  $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$

ترکیب	آنتالپی تشکیل $\Delta H_f^\circ$ (Kj/mol)
$H_2O(g)$	-۲۴۴/۹
$NH_3(g)$	-۴۶
$NO(g)$	+۹۰

شهریور ماه ۸۷: با استفاده از آنتالپی های تشکیل داده شده آنتالپی واکنش زیر را محاسبه کنید؟ ۱/۲۵ نمره  
واکنش:  $4NH_3(g) + 5O_2(g) \longrightarrow 4NO + 6H_2O(g) \quad \Delta H = ?$

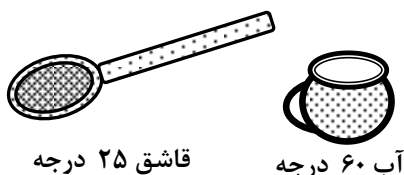
پاسخ:  $\Delta H_r^\circ = [4\Delta H_f^\circ(NO) + 6\Delta H_f^\circ(H_2O)] - [4\Delta H_f^\circ(NH_3) + 5\Delta H_f^\circ(O_2)]$

ادامه:  $\Delta H_r^\circ = [4(+90) + 6(-244.9)] - [4(-46) + 5(0)] = -925.4 \text{ KJ}$



شهریور ماه ۸۷: با توجه به شکل داده شده، علامت  $\Delta E$  و  $w$  سامانه را با دلیل مشخص آغازی E کنید؟ ۱/۵ نمره

پاسخ: حجم افزایش یافته  $\Delta V > 0$  در نتیجه  $w < 0$  و واکنش گرمازا است پس  $q < 0$  و نتیجه:  $\Delta E < 0$



قاشق ۲۵ درجه

آب ۶۰ درجه

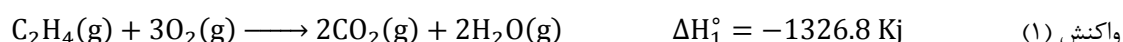
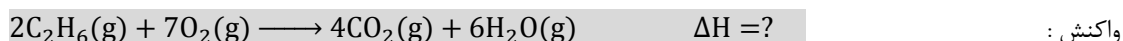
**خرداد ماه ۸۷:** با توجه به شکل های داده شده ، اگر قاشق را در فنجان پر از آب قرار دهیم ، با حذف گزینه های نادرست عبارت های درست به دست آورید؟ ۰/۷۵ نمره  
(آ جهت انتقال گرما از ( قاشق به آب - آب به قاشق ) است.  
(ب) انرژی سامانه ( آب درون فنجان ) به تدریج ( کاهش - افزایش ) می یابد.  
(پ) آب درون فنجان سامانه ( بسته - باز ) است.

پاسخ پ : باز

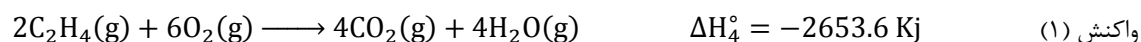
پاسخ ب : کاهش

پاسخ آ : آب به قاشق

**خرداد ماه ۸۷:** با به کار بردن قانون هس  $\Delta H$  واکنش داخل کادر را به دست آورید ؟ ۱/۷۵ نمره



پاسخ : واکنش (۱) را در عدد ۲ ضرب ، واکنش (۲) را معکوس و در عدد ۲ ضرب می کنیم.



**خرداد ماه ۸۷:** اگر سه عدد (  $1/2$  ،  $6/5$  ،  $-46$  ) مربوط به  $\Delta H$  فرآیندهای داده شده در جدول باشد ، با قرار دادن اعداد در محل مناسب و تعیین نوع آنتالپی ، جدول را کامل کنید ؟ ۱/۵ نمره

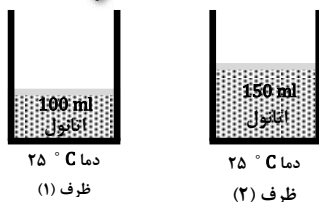
معادله ی فرآیند	نوع آنتالپی	$\Delta H$ (Kj/mol)	فرآیند
$Ar(l) \longrightarrow Ar(g)$ : معادله :	آنتالپی استاندارد تبخیر	؟	۱
$\frac{1}{2}N_2(g) + \frac{3}{2}H_2(g) \longrightarrow NH_3(g)$ : معادله :	؟	؟	۲
$Cl_2(g) \longrightarrow 2Cl(g)$ : معادله :	؟	+۲۴۲	۳
$Ar(s) \longrightarrow Ar(l)$ : معادله :	؟	؟	۴

پاسخ :

معادله ی فرآیند	نوع آنتالپی	$\Delta H$ (Kj/mol)	فرآیند
$Ar(l) \longrightarrow Ar(g)$ : معادله :		+۶/۵	۱
$\frac{1}{2}N_2(g) + \frac{3}{2}H_2(g) \longrightarrow NH_3(g)$ : معادله :	آنتالپی استاندارد تشکیل	-۴۶	۲
$Cl_2(g) \longrightarrow 2Cl(g)$ : معادله :	آنتالپی متوسط پیوند		۳
$Ar(s) \longrightarrow Ar(l)$ : معادله :	آنتالپی استاندارد ذوب	+۱/۲	۴

**خرداد ماه ۸۷:** آیا  $\Delta E$  ( تغییر انرژی درونی ) یک تابع حالت است ؟ چرا ؟ ۰/۵ نمره

پاسخ : بلی زیرا تنها به حالت آغازی و پایانی سامانه بستگی دارد و به مسیر انجام فرآیند وابسته نیست.



**خرداد ماه ۸۷:** با توجه به شکل ها به موارد زیر پاسخ دهید: ۱/۵ نمره

آ) میانگین سرعت حرکت مولکول های اتانول را در هر دو ظرف با نوشتن دلیل مقایسه کنید؟

ب) آیا برای افزایش ۵ °C به دمای هر دو ظرف، انرژی یکسانی لازم است؟ چرا؟

پ) اگر محتویات این دو ظرف را به ظرف سوم منتقل کنیم، کدام یک از خاصیت های داخل پرانتز تغییر نمی کند؟ چرا؟ (ظرفیت گرمایی و چگالی)

**پاسخ آ:** در هر دو ظرف یکسان است زیرا دمای آن ها برابر است.

**پاسخ ب:** خیر زیرا در ظرف (۲) مقدار ماده بیشتر است پس انرژی بیشتری لازم دارد.

**پاسخ پ:** چگالی تغییر نمی کند زیرا خاصیت شدتی است و به مقدار ماده بستگی ندارد.

**خرداد ماه ۸۷:** با توجه به واکنش های داده شده با نوشتن دلیل به پرسش ها پاسخ دهید: ۱/۲۵ نمره



آ) کدام واکنش در همه ی دماها در جهت نشان داده شده خود به خود است؟

ب) کدام واکنش با کاهش آنتروپی همراه است؟

**پاسخ آ:** واکنش (۳) زیرا با کاهش آنتالپی و افزایش آنتروپی همراه است.

**پاسخ ب:** واکنش (۲) زیرا تعداد مول های گازی کاهش یافته است.

**دی ماه ۸۶:** با افزایش مقدار ماده گرمای لازم برای افزایش دمای آن به اندازه ی یک درجه ی سلسیوس (افزایش - کاهش) می یابد.

**پاسخ:** افزایش

فشار (atm)	دما (°C)	۱ مول گاز
۱	۵۰	CO <sub>2</sub>
۲	۰	NO <sub>2</sub>
۱	۲۵	O <sub>2</sub>

**دی ماه ۸۶:** با استفاده از داده های جدول پاسخ دهید: ۱ نمره

آ) کدام گاز حجم کمتری دارد؟

ب) سرعت حرکت مولکول های کدام گاز بیشتر است؟ چرا؟

پ) کدام گاز در حالت استاندارد ترمودینامیکی قرار دارد؟

**پاسخ آ:** گاز NO<sub>2</sub>

**پاسخ ب:** CO<sub>2</sub> زیرا دمای آن بیش تر است.

**پاسخ پ:** O<sub>2</sub>

**دی ماه ۸۶:** برای هر مورد دلیل مناسب بنویسید: ۱/۵ نمره

آ) با ریختن مقداری اتانول روی پوست دست، احساس سردی می کنید.

ب) گرمای بسیاری از واکنش های شیمیایی را نمی توان به طور مستقیم تعیین کرد.

پ) تغییر انرژی درونی یک سامانه، تابع حالت است.

**پاسخ آ:** چون تبخیر اتانول یک فرآیند گرماگیر است و با جذب گرمای پوست، دست خنک خواهد شد.

**پاسخ ب:** چون بسیاری از واکنش ها در شرایط بسیار سختی انجام می شوند و نمی توان آن ها را به صورت یک واکنش جداگانه در نظر گرفت.

**پاسخ پ:** زیرا به مسیر انجام فرآیند بستگی ندارد و تنها به حالت آغازی و پایانی سامانه وابسته است.

دی ماه ۸۶: آ) آنتالپی استاندارد ذوب را تعریف کنید؟ ۱ نمره

نام ماده	فرمول	ذوب $\Delta H$
آب	$H_2O(s)$	۶/۰
جیوه	$Hg(s)$	۲/۳

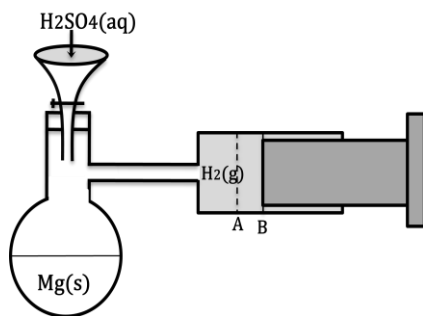
ب) با توجه به عددهای جدول برای هر فرآیند مقدار  $\Delta E$  را بنویسید؟



پاسخ آ: تغییر آنتالپی ناشی از تبدیل یک مول ماده ی جامد در دمای ذوب به مایع را آنتالپی استاندارد ذوب می گویند.

پاسخ ب:  $\Delta H_1 = 6 \text{ KJ/mol}$  و  $\Delta H_2 = -2.3 \text{ KJ/mol}$

دی ماه ۸۶: با توجه به شکل و داده ها به هر مورد پاسخ دهید: ۱/۲۵ نمره

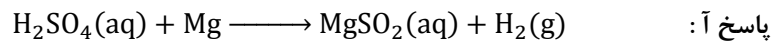


قبل از انجام واکنش پیستون در موقعیت A قرار دارد. با باز کردن شیر قیف ، محلول سولفوریک اسید وارد بالون شده با فلز منیزیم واکنش می دهد. پس از انجام واکنش ، پیستون در وضعیت B قرار می گیرد.

آ) معادله ی نمادی واکنش انجام شده را بنویسید؟

ب) با انجام واکنش ، سامانه روی محیط کار انجام داده یا محیط روی سامانه ؟

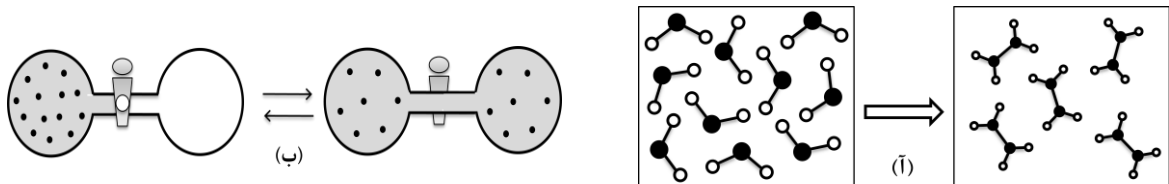
پ) علامت کار انجام گرفته مثبت است یا منفی ؟



پاسخ ب: سامانه روی محیط کار انجام داده زیرا با تولید گاز هیدروژن حجم افزایش یافته است.

پاسخ پ: علامت تغییر حجم مثبت ( $\Delta V > 0$ ) و در نتیجه علامت کار انجام شده منفی است. ( $W < 0$ )

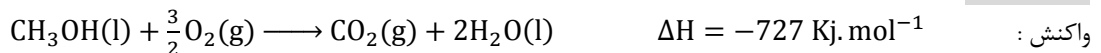
دی ماه ۸۶: علامت  $\Delta S$  را در هر یک از شکل های زیر با نوشتن دلیل تعیین کنید؟ ۱ نمره



پاسخ آ: کاهش بی نظمی ( $\Delta V < 0$ ) چون با انجام واکنش تعداد مول های گازی کاهش یافته است.

پاسخ ب: افزایش بی نظمی ( $\Delta V > 0$ ) زیرا با افزایش حجم ذره ها بی نظمی بیش تری پیدا کرده اند.

دی ماه ۸۶: معادله ی سوختن مولی متانول را در نظر بگیرید: ۱/۷۵ نمره

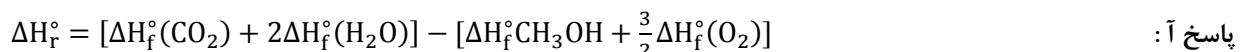


آ) با استفاده از معادله ی بالا و جدول رو به رو  $\Delta H_f^\circ$   $CH_3OH$  را محاسبه کنید؟

ب) آیا این واکنش در همه ی دماها خود به خود انجام می شود؟

دلیل بنویسید.

ترکیب	آنتالپی تشکیل $\Delta H_f^\circ$ (KJ/mol)
$H_2O(l)$	-۲۸۶
$CO_2(g)$	-۳۹۴



ادامه:  $-727 = [(-394) + 2(-286)] - [\Delta H_f^\circ(CH_3OH) + \frac{3}{2}(0)] \Rightarrow \Delta H_f^\circ(CH_3OH) = -239 \text{ KJ. mol}^{-1}$

پاسخ ب: خیر فقط در دماهای پایین خود به خود انجام می شود.

شهریور ماه ۸۶: هر یک از عبارت های زیر با یکی از موارد a یا b درست است. آن را انتخاب کنید: ۰/۵ نمره

آ) به سامانه ای که تنها با محیط پیرامون ، مبادله ی انرژی دارد ، سامانه ی ..... می گویند. a: منزوی b: بسته

ب) گرماسنج بمبی برای اندازه گیری گرمای واکنش در ..... ثابت به کار می رود. a: فشار b: حجم

پاسخ آ) b: بسته  
پاسخ ب: b: حجم



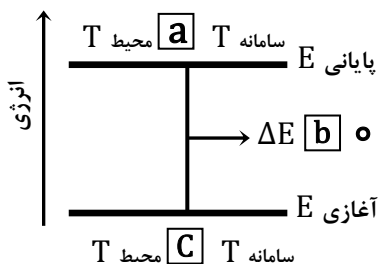
شهریور ماه ۸۶: (آ) برای کاهش دمای ۱۰۰ گرم اتانول از دمای ۲۷ به ۱۵ درجه ی سلسیوس چه مقدار گرما باید از آن گرفته شود؟ ۱ نمره  
 (ب) ظرفیت گرمایی مولی را تعریف کنید؟

$$C_{\text{اتانول}} = 2.46 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$$

$$q = mc(\theta_2 - \theta_1) = 100 \times 2.46 \times (15 - 27) = -2952 \text{ KJ} \quad \text{پاسخ آ:}$$

پاسخ ب: مقدار گرمایی است که به یک مول جسم داده می شود تا دمای آن یک درجه ی سلسیوس افزایش یابد.

شهریور ماه ۸۶: شکل رو به رو نشان دهنده ی تغییر انرژی درونی مربوط به تبدیل یک قطعه یخ به آب است: ۱/۵ نمره



(آ) به جای هر یک از حروف a ، b ، c در مستطیل های روی شکل از علامت (> ، = ، <) استفاده کنید؟

(ب) آیا این فرآیند خود به خود انجام می شود؟ دلیل بنویسید.

پاسخ آ: a: مساوی      b: بزرگ تر      c: بزرگ تر

پاسخ ب: بلی زیرا با وجود اینکه فرآیند گرماگیر است اما به دلیل افزایش بی نظمی در دماهای بالا خود به خود انجام می شود.

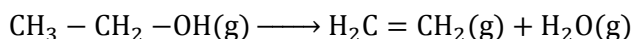
شهریور ماه ۸۶: جدول زیر را کامل کنید: ۱/۵ نمره

پاسخ

آیا واکنش خود به خود است؟	ΔG	ΔH	ΔS
		مثبت	مثبت
هرگز در هیچ دمایی	مثبت		
	منفی	منفی	

آیا واکنش خود به خود است؟	ΔG	ΔH	ΔS
بله در دماهای بالاتر	منفی	؟	؟
؟	؟	مثبت	منفی
بله در همه ی دماها	؟	؟	مثبت

شهریور ماه ۸۶: با استفاده از متوسط آنتالپی پیوندهای داده شده ΔH واکنش زیر را حساب کنید: ۲/۲۵ نمره

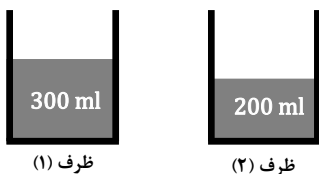


واکنش:

C=C	O-H	C-C	C-O	C-H	پیوند
۶۱۲	۴۶۳	۳۴۸	۳۶۰	۴۱۲	KJ/mol انرژی

$$\Delta H_f = [5\Delta H_{\text{C-H}} + \Delta H_{\text{C-C}} + \Delta H_{\text{C-O}} + \Delta H_{\text{O-H}}] - [4\Delta H_{\text{C-H}} + \Delta H_{\text{C=C}} + 2\Delta H_{\text{O-H}}] \quad \text{پاسخ:}$$

$$\Delta H_f = [(5 \times 412) + 348 + 360 + 463] - [(4 \times 412) + 612 + (2 \times 463)] = 45 \text{ KJ} \quad \text{ادامه:}$$



شهریور ماه ۸۶: در شکل رو به رو ظرف های (۱) و (۲) محتوی

محلول ۲۰ گرم در لیتر مس (II) سولفات هستند. ۰/۵ نمره

کدام یک از خواص ترمودینامیکی مقابل در دو ظرف یکسان است؟

چگالی - ظرفیت گرمایی - رنگ - جرم

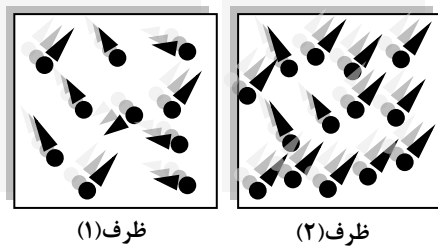
پاسخ: چگالی و رنگ شدتی هستند و به مقدار ماده بستگی ندارند پس در هر دو ظرف یکسان هستند.

خرداد ماه ۸۶: پس از پر کردن جاهای خالی ، مسأله را حل کنید: ۱ نمره

(آ) آنتالپی استاندارد ذوب یخ ۶/۰ کیلوژول بر مول است. یعنی برای ذوب کردن یک مول یخ در دمای ..... درجه ی سلسیوس و تبدیل آن به یک مول آب ..... درجه ی سلسیوس ، ۶/۰ کیلوژول گرما لازم است.

(ب) برای ذوب کردن ۰/۲ مول یخ در این شرایط چند کیلوژول گرما لازم است؟

پاسخ آ: صفر - صفر      پاسخ ب:  $0.2 \text{ mol H}_2\text{O}(\text{s}) \times \frac{6 \text{ KJ}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}(\text{s})} = 1.2 \text{ KJ} ?$



**خرداد ماه ۸۶:** شکل زیر ذره های تشکیل دهنده ی یک ماده را از دید مولکولی نشان می دهد. این ذره ها در حال حرکت هستند و دنباله ی هر ذره نشان دهنده ی سرعت حرکت آن است. حال به پرسش های زیر پاسخ دهید:

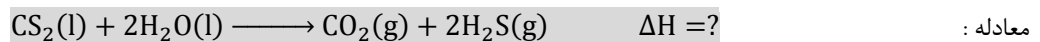
۱) در کدام ظرف دما بیش تر است؟

(ب) ظرفیت گرمایی دو ظرف را با نوشتن دلیل با هم مقایسه کنید؟

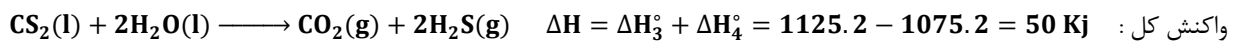
**پاسخ آ:** ظرف (۲)

**پاسخ ب:** ظرفیت گرمایی ظرف (۲) بیش تر است زیرا تعداد ذره ها در آن بیش تر است و ظرفیت گرمایی به مقدار ماده بستگی دارد.

**خرداد ماه ۸۶:** با استفاده از  $\Delta H$  واکنش های (۱) و (۲) آنتالپی واکنش داخل کادر را به دست آورید: ۱/۲۵ نمره



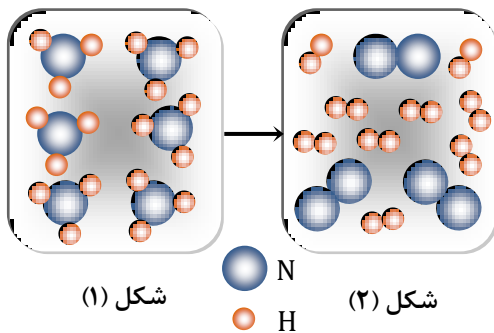
**پاسخ:** ابتدا واکنش (۱) را معکوس و در عدد دو ضرب می کنیم:



**خرداد ماه ۸۶:** عبارت زیر را کامل کنید: ۰/۵ نمره

از گرماسنج لیوانی برای اندازه گیری گرمای .....

**پاسخ:** واکنش در حجم ثابت استفاده می شود.



**خرداد ماه ۸۶:** شکل های زیر واکنش تجزیه ی آمونیاک را نشان می دهند:

آنتالپی واکنش:  $\Delta H = 92 \text{ KJ}$  ۱/۵ نمره

آ) در کدام شکل آنتروپی بیش تر است؟ چرا؟

ب) در کدام شرایط زیر واکنش خود به خودی است؟ دلیل بنویسید:

a) دمای پایین تر      b) دمای بالاتر

**پاسخ آ:** شکل (۲) زیرا تعداد مول های مواد گازی افزایش یافته است.

**پاسخ ب:** در دمای بالاتر زیرا  $\Delta S > 0$  و در دمای بالا مقدار عبارت  $-T\Delta S$  بزرگ تر از  $\Delta H$  خواهد شد و در کل  $\Delta G < 0$  خواهد شد.

**خرداد ماه ۸۶:** در واکنش  $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H < 0$  بدون محاسبه و با نوشتن دلیل مجموع انرژی پیوند واکنش دهنده ها را با مجموع انرژی پیوند فرآورده ها مقایسه کنید.

۰/۷۵ نمره

**پاسخ:** مجموع انرژی پیوند فرآورده ها بیش تر است. زیرا: مجموع انرژی فرآورده ها - مجموع انرژی واکنش دهنده ها = آنتالپی واکنش

**خرداد ماه ۸۶:** آ) با استفاده از قانون اول ترمودینامیک تغییر انرژی درونی سامانه ی زیر را بر حسب ژول محاسبه کنید: ۱/۲۵ نمره



ب) هر یک از خواص ترمودینامیکی حجم، دما و ظرفیت گرمایی ویژه شدتی هستند یا مقداری؟

**پاسخ آ:**  $\Delta E = q + w = -250 + 130 = -120 \text{ J}$

**پاسخ ب:** حجم مقداری، دما و ظرفیت گرمایی ویژه شدتی هستند.

شهریور ماه ۸۵: در عبارت زیر واژه های درست را انتخاب کنید: ۰/۵ نمره

اگر گرما از سامانه به محیط پیرامون منتقل شود علامت گرما (منفی / مثبت) و اگر انرژی درونی سامانه افزایش یابد علامت آن (منفی / مثبت) است.

پاسخ: منفی - مثبت



شهریور ماه ۸۵: با توجه به شکل به پرسش های زیر پاسخ دهید: ۱ نمره

آ) شکل رو به رو چه دستگاهی را نشان می دهد؟

ب) این دستگاه برای چه کاری استفاده می شود؟

پ) هنگام کار با این دستگاه کدام یک از کمیت های داده شده ثابت است؟ فشار یا حجم

پاسخ پ: فشار

پاسخ ب: محاسبه ی گرمای واکنش

پاسخ آ: گرماسنج لیوانی

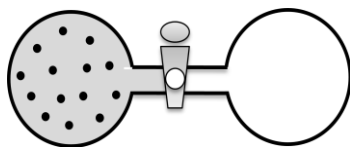
شهریور ماه ۸۵: (آ) برای افزایش دمای ۱۵۰ گرم اتانول از دمای ۲۳ به ۵۰ درجه ی سلسیوس چند ژول گرما باید به آن بدهیم؟ ۱/۲۵ نمره  
ب) ظرفیت گرمایی مولی اتانول را محاسبه کنید؟  
 $c = 2.46 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$  ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

پاسخ آ:  $q = mc(\theta_2 - \theta_1) = 150 \times 2.46 \times (50 - 23) = 9963 \text{ J}$

پاسخ ب:  $C_M = C \times M = 2.46 \times 46 = 113.18 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$

شهریور ماه ۸۵: درستی یا نادرستی عبارت زیر را مشخص کنید: ۰/۲۵ نمره

انرژی گرمایی یک خاصیت مقداری است. پاسخ: درست

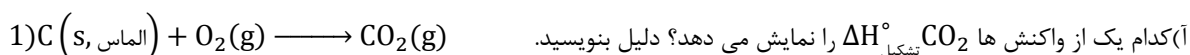


شهریور ماه ۸۵: توضیح دهید در شکل مقابل با باز شدن

شیر بی نظمی گاز نئون چه تغییری می کند؟ ۰/۷۵ نمره

پاسخ: بی نظمی افزایش می یابد چون نئون در هر دو طرف پخش می شود و در فضای بزرگ تر آزادی تحرک بیش تری دارد.

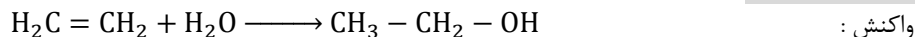
شهریور ماه ۸۵: به موارد زیر پاسخ دهید: ۱/۲۵ نمره



پاسخ آ: واکنش (۲) زیرا عناصر سازنده ی کربن دی اکسید در حالت استاندارد ترمودینامیکی خود هستند.

پاسخ ب: چون  $\Delta H > 0$  و  $\Delta S < 0$  است و هر دو عامل نامساعد هستند پس  $\Delta G > 0$  است.

شهریور ماه ۸۵: با استفاده از داده های جدول زیر،  $\Delta H$  واکنش زیر را محاسبه کنید: ۲/۲۵ نمره



C=C	O-H	C-C	C-O	C-H	پیوند
۶۱۲	۴۶۳	۳۴۸	۳۶۰	۴۱۲	انرژی KJ/mol

پاسخ:  $\Delta H_f^\circ = [4\Delta H_{\text{C-H}}^\circ + \Delta H_{\text{C=C}}^\circ] - [5\Delta H_{\text{C-H}}^\circ + \Delta H_{\text{C-C}}^\circ + \Delta H_{\text{C-O}}^\circ + \Delta H_{\text{O-H}}^\circ]$

ادامه:  $\Delta H_f^\circ = [4 \times (412) + 612] - [5 \times (412) + 348 + 360 + 463] = -45 \text{ KJ}$

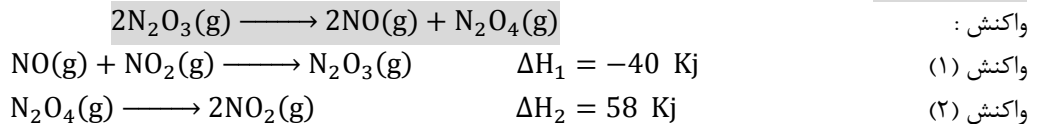
**خرداد ماه ۸۵:** با حذف واژه های نادرست عبارت های درست را بنویسید: ۱ - نمره

ا) هر تغییر شیمیایی یا فیزیکی به طور طبیعی در جهتی پیشرفت می کند که به سطح انرژی (پایین تر - بالاتر) و آنتروپی (پایین تر - بالاتر) برسد.

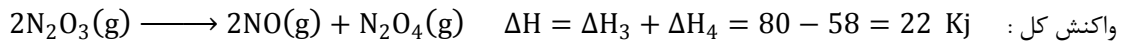
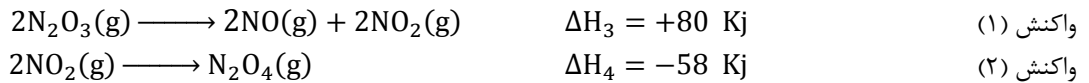
ب) کار تابع (حالت - مسیر) و انرژی آزاد گیبس تابع (حالت - مسیر) است.

**پاسخ آ:** پایین تر - بالاتر **پاسخ ب:** مسیر - حالت

**خرداد ماه ۸۵:** با به کار بردن قانون هس آنتالپی واکنش داخل کادر را با استفاده از واکنش های (۱) و (۲) به دست آورید. ۱/۷۵ نمره



**پاسخ:** واکنش (۱) را معکوس و در عدد دو ضرب، واکنش (۲) را معکوس می کنیم:



**خرداد ماه ۸۵:** چرا ظرفیت گرمایی ویژه یک خاصیت شدتی است؟ ۰/۵ نمره

**پاسخ:** زیرا به مقدار ماده بستگی ندارد.

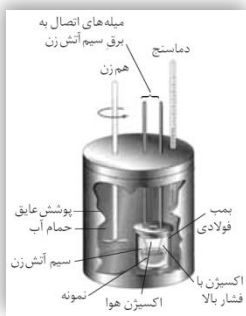
**خرداد ماه ۸۵:** با توجه به شکل داده شده به پرسش ها پاسخ دهید: ۱ - نمره

ا) نام این وسیله چیست و به چه منظوری استفاده می شود؟

ب) سامانه ی مورد نظر در این ظرف از چه نوعی است؟ باز، بسته یا ایزوله؟

**پاسخ آ:** گرماسنج بمبی، برای اندازه گیری گرمای سوختن یک ماده در حجم ثابت

**پاسخ ب:** ایزوله یا منزوی



**خرداد ماه ۸۵:** با توجه به شکل مقابل به پرسش ها پاسخ دهید: ۱ - نمره

ا)  $\Delta E$  سامانه مثبت است یا منفی؟ دلیل بنویسید.

ب) با توجه به این که در حالت پایانی  $T_{\text{محیط}} = T_{\text{سامانه}}$  است، سامانه ی مورد

نظر کدام یک از موارد (۱) یا (۲) است؟ توضیح دهید.

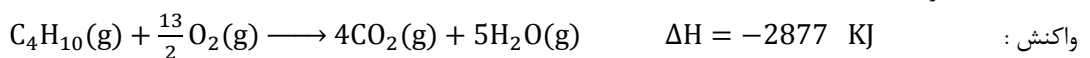
(۱) مخلوط یخ و آب (۲) آب جوش

**پاسخ آ:** منفی است زیرا  $E_{\text{آغازی}} < E_{\text{پایانی}}$

**پاسخ ب:** آب جوش چون سامانه انرژی را به صورت گرما به محیط داده و دمای آن با محیط برابر شده است.

**خرداد ماه ۸۵:** فرآیند زیر در سیلندری با پیستون متحرک انجام می شود. (انرژی درونی آغازی را هم ارز انرژی درونی واکنش دهنده ها فرض

کنید). ۱ - نمره



ا) با استفاده از قانون اول ترمودینامیک و بیان علت مشخص کنید سامانه روی محیط کار انجام داده یا محیط روی سامانه؟

ب) واکنش گرماده است یا گرماگیر؟

**پاسخ آ:** سامانه روی محیط کار انجام داده زیرا حجم مواد گازی افزایش پیدا کرده است. ( $\Delta V > 0 \Rightarrow w < 0$ )

**پاسخ ب:** گرماده زیرا علامت آنتالپی واکنش منفی است.

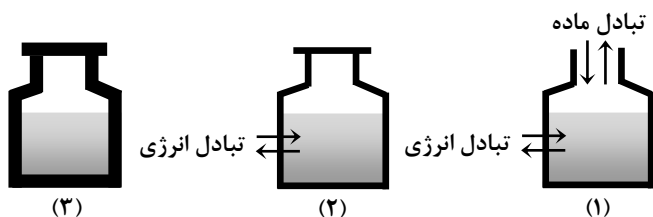
خرداد ماه ۸۵ : به جای موارد (آ) تا (ت) از واژه های مثبت و منفی برای کامل کردن جدول استفاده کنید : ۱ نمره

آیا واکنش خود به خود است؟	$\Delta G$	$\Delta S$	$\Delta H$
هرگز	(ب)	(آ)	مثبت
بله در دماهای بالا	منفی	(ت)	(پ)

پاسخ : (آ) : منفی (ب) : مثبت (پ) : مثبت (ت) : مثبت

دی ماه ۸۵ : با حذف مورد نادرست عبارت درستی به دست می آید : ۰/۲۵ نمره

با انتقال انرژی از سامانه به محیط ، انرژی درونی سامانه ( کاهش - افزایش ) می یابد. پاسخ : کاهش



دی ماه ۸۵ : به موارد زیر پاسخ دهید : ۱/۵ نمره

آبا توجه به شکل های (۱) ، (۲) و (۳) نوع هر سامانه را مشخص کنید؟

(ب) در هر یک از حالت های زیر عامل یا عوامل مساعد برای خود به خودی بودن واکنش را مشخص کنید ؟

(۱)  $\Delta H > 0$  ,  $\Delta S > 0$  (۲)  $\Delta H < 0$  ,  $\Delta S < 0$

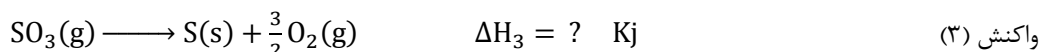
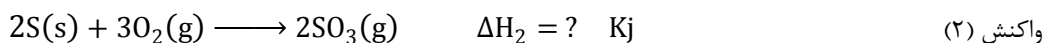
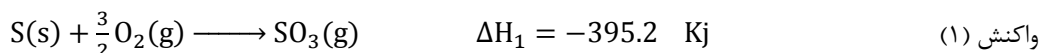
(پ) کدام یک از موارد (۱) و (۲) خاصیت ترمودینامیکی شدتی است؟ (۱) ظرفیت گرمایی (۲) ظرفیت گرمایی مولی

پاسخ آ : (۱) : سامانه ی باز (۲) : سامانه ی بسته (۳) : سامانه ی ایزوله یا منزوی

پاسخ ب : (۱)  $\Delta S > 0$  (۲)  $\Delta H < 0$

پاسخ پ : (۲) ظرفیت گرمایی مولی شدتی است.

دی ماه ۸۵ : با توجه به واکنش (۱) و مقدار  $\Delta H_1$  مربوط به آن ، مقادیر  $\Delta H_2$  و  $\Delta H_3$  را برای واکنش های (۲) و (۳) محاسبه کنید. ۱ نمره



پاسخ :  $\Delta H_2 = 2\Delta H_1 = 2 \times (-395.2) = -790.4 \text{ KJ}$

ادامه :  $\Delta H_3 = -\Delta H_1 = - \times (-395.2) = +395.2 \text{ KJ}$

دی ماه ۸۵ : در هر یک از سامانه های زیر با قرار دادن علامت < یا > در مربع مقدار بی نظمی را مقایسه کنید : ۰/۷۵ نمره

(a) ۱۰۰ میلی لیتر آب با دمای ۱۰ درجه  (b) ۱۰۰ میلی لیتر آب با دمای ۸۰ درجه

(a) ۰/۱ مول گاز نئون در ظرف یک لیتری  (b) ۰/۱ مول گاز نئون در ظرف ۰/۵ لیتری

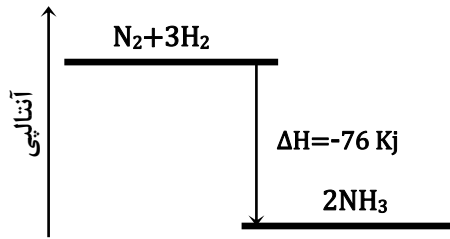
(a) ۱۰۰ گرم یخ با دمای صفر درجه  (b) ۱۰۰ گرم آب با دمای صفر درجه

پاسخ (آ)  $b > a$  پاسخ (ب)  $b < a$  پاسخ (پ)  $b > a$

دی ماه ۸۵ : انرژی آزاد گیبس را تعریف کنید . ۰/۵ نمره

پاسخ : مقدار انرژی در دسترس برای انجام یک فرآیند را انرژی آزاد گیبس می گویند.

دی ماه ۸۵ : با توجه به داده های جدول و نمودار رو به رو مقدار متوسط آنتالپی پیوند N - H را در مولکول  $NH_3$  محاسبه کنید. ۱/۵ نمره



N≡N	H-H	پیوند
۹۴۴	۴۳۶	KJ/mol انرژی

$$\Delta H_r = [2\Delta H_{N\equiv N} + 3\Delta H_{H-H}] - [6\Delta H_{N-H}]$$

پاسخ :

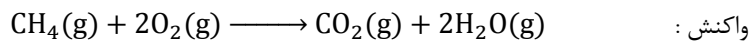
$$-76 = [(2 \times 944) + (3 \times 436)] - [6\Delta H_{N-H}] \Rightarrow \Delta H_{N-H} = 388 \text{ KJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

ادامه :

دی ماه ۸۵ : به موارد زیر پاسخ دهید : ۱ نمره

(آ) چرا آنتالپی استاندارد تشکیل  $O_2(g)$  صفر در نظر گرفته می شود.

(ب) واکنش زیر در دما و فشار ثابت در یک سیلندر با پیستون متحرک انجام می شود. چرا تغییر انرژی درونی تنها ناشی از انتقال گرماست؟



پاسخ آ : چون اکسیژن در دما و فشار استاندارد ( حالت استاندارد ترمودینامیکی ) به حالت گاز است.

$$\Delta V = 0 \Rightarrow w = 0 \Rightarrow \Delta E = q + w = q + 0 \Rightarrow \Delta E = q \quad \text{پاسخ ب : زیرا افزایش حجم نداریم :}$$

دی ماه ۸۵ : درستی یا نادرستی عبارت زیر را مشخص کنید : ۰/۵ نمره

در یک گرماسنج لیواتی گرمای واکنش در حجم ثابت ( $\Delta E$ ) اندازه گیری می شود.

پاسخ : نادرست زیرا در یک گرماسنج لیواتی گرمای واکنش در فشار ثابت ( $\Delta H$ ) اندازه گیری می شود.

شهریور ماه ۸۴ : با حذف موارد نادرست عبارت های درستی به دست می آید : ۰/۵ نمره

در یک لیوان آب با دمای ۲۵ درجه ی سلسیوس انرژی گرمایی خاصیت ( شدتی - مقداری ) و دما خاصیت ( شدتی - مقداری ) است.

پاسخ : انرژی گرمایی : مقداری دما : شدتی



شهریور ماه ۸۴ : (آ) شکل رو به رو چه دستگاهی را نشان می دهد ؟ ۰/۷۵ نمره

(ب) از این دستگاه به چه منظوری استفاده می شود؟

پاسخ آ : گرماسنج لیواتی

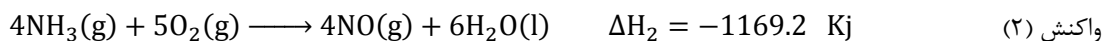
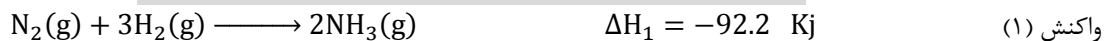
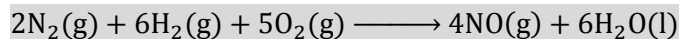
پاسخ ب : برای اندازه گیری گرمای واکنش در فشار ثابت

شهریور ماه ۸۴ : برای افزایش دمای ۱۰ گرم اتیلن گلیکول از ۲۰ به ۳۵ درجه ی سلسیوس به ۳۶۰ ژول گرما نیاز داریم. ظرفیت گرمایی ویژه ی

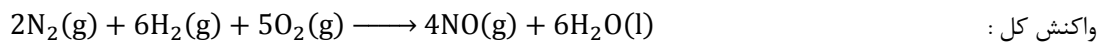
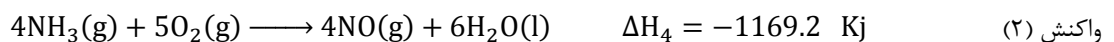
اتیلن گلیکول چقدر است ؟ ۱ نمره

$$q = mc(\theta_2 - \theta_1) \Rightarrow 360 = 10 \times c \times (35 - 20) \Rightarrow c = 2.4 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1} \quad \text{پاسخ :}$$

شهریور ماه ۸۴ : با استفاده از واکنش های (۱) و (۲) ،  $\Delta H$  واکنش داخل کادر را به دست آورید : ۱/۵ نمره

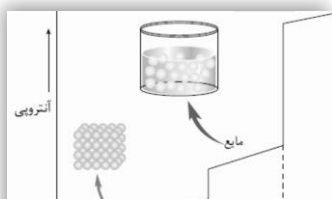


پاسخ : واکنش (۱) را در عدد دو ضرب می کنیم :



$$\Delta H_r = \Delta H_3 + \Delta H_4 = -184.4 - 1169.2 = -1353.6 \text{ KJ} \quad \text{محاسبه :}$$

شهریور ماه ۸۴ : در شکل رو به رو با افزایش دما : ۱/۲۵ نمره



آ) علامت  $\Delta S$  را با بیان دلیل تعیین کنید.

ب) معادله ی فرآیند انجام شده را نوشته ، علامت  $\Delta H$  را تعیین کنید.

پاسخ آ: مثبت یا  $\Delta S > 0$

پاسخ ب:  $\Delta H > 0$  و  $H_2O(s) \rightarrow H_2O(l)$

شهریور ماه ۸۴: درستی یا نادرستی عبارت های داده شده را مشخص کرده در موارد نادرست دلیل را بیان کنید. ۰/۷۵ نمره

آ) آنتالپی یک تابع حالت است و تنها به مسیر انجام فرآیند بستگی دارد.

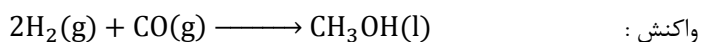
ب) اگر گرما از سامانه به محیط پیرامون منتقل شود ، علامت آن منفی است.

پاسخ آ: نادرست زیرا آنتالپی یک تابع حالت است و تنها به حالت آغازی و پایانی سامانه بستگی دارد.

پاسخ ب: درست

شهریور ماه ۸۴: با استفاده از داده های جدول زیر  $\Delta H$  واکنش داده شده را محاسبه کنید. ۱/۲۵ نمره

ترکیب	آنتالپی: $\Delta H_f^\circ$ (Kj/mol) تشکیل
$CH_3OH(l)$	-۲۳۸/۷
$CO(g)$	-۱۱۰/۵



پاسخ:  $\Delta H_f^\circ = [\Delta H_f^\circ CH_3OH] - [2\Delta H_f^\circ H_2 + \Delta H_f^\circ CO] = [(-238.7)] - [(2 \times 0) + (-110.5)] = -128.2 \text{ KJ}$

خرداد ماه ۸۴: جاهای خالی را با واژه های مناسب کامل کنید: ۰/۵ نمره

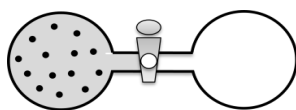
در گرماسنج لیوانی ..... و در گرماسنج بمبی ..... اندازه گیری می شود.

پاسخ:  $\Delta E - \Delta H$

خرداد ماه ۸۴: حالت استاندارد ترمودینامیکی را تعریف کنید. ۰/۲۵ نمره

پاسخ: پایدارترین شکل ماده ی خالص در فشار یک اتمسفر و دمایی مشخص را حالت استاندارد ترمودینامیکی گویند.

خرداد ماه ۸۴: در شکل زیر حباب سمت چپ از گاز نئون با فشار یک اتمسفر پر شده است. اگر شیر باز شود: ۱ نمره



آ) فشار گاز کم تر از یک اتمسفر می شود یا بیش تر؟

ب) مقدار بی نظمی سامانه چه تغییری می کند؟ توضیح دهید.

پاسخ آ: کم تر از یک اتمسفر

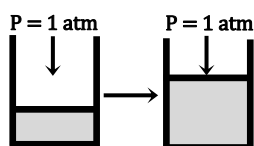
پاسخ ب: بی نظمی افزایش می یابد. زیرا گاز نئون در فضای بزرگ تری پخش شده و آزادی تحرک گاز نئون افزایش می یابد.

خرداد ماه ۸۴: اتیلن گلیکول یک نوع الکل است که از آن به عنوان ضد یخ در رادیاتور خودروها استفاده می شود. ۲۰ گرم اتیلن گلیکول ۷۱۷

ژول گرما می گیرد تا دمای آن به اندازه ی ۱۵ درجه ی سلسیوس افزایش یابد. ظرفیت گرمایی ویژه ی این ماده را محاسبه کنید؟ ۰/۷۵ نمره

پاسخ:  $q = mc(\theta_2 - \theta_1) \Rightarrow 717 = 20 \times c \times 15 \Rightarrow c = 2.4 \text{ J.g}^{-1}.\text{C}^{-1}$

خرداد ماه ۸۴: در شکل رو به رو در اثر انجام واکنش ، سامانه به محیط گرما داده است: ۱ نمره



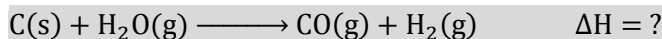
آ) علامت کار انجام گرفته مثبت است یا منفی؟ توضیح دهید.

ب) گرمای مبادله شده در این واکنش چه نام دارد؟

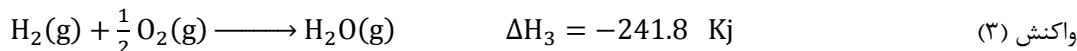
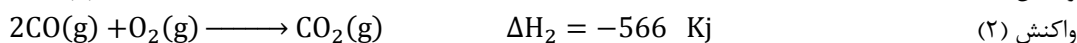
پاسخ آ: منفی ، زیرا در اثر انجام واکنش حجم افزایش یافته و سامانه روی محیط کار انجام داده است.

پاسخ ب: آنتالپی

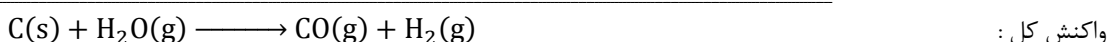
خرداد ماه ۸۴: با استفاده از واکنش های (۱) ، (۲) و (۳) ،  $\Delta H$  واکنش زیر را به دست آورید: ۱/۵ نمره



واکنش :

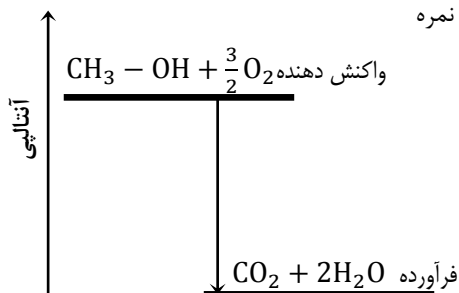


پاسخ : واکنش (۱) را معکوس ، واکنش (۲) را معکوس و بر عدد دو تقسیم ، واکنش (۳) را معکوس می کنیم :



$$\Delta H = \Delta H_4 + \Delta H_5 + \Delta H_6 = -393.5 + 283 + 241.8 = 131.3 \text{ Kj} \quad \text{محاسبه :}$$

خرداد ماه ۸۴ : با توجه به نمودار و داده های جدول به پرسش ها پاسخ دهید : ۱/۷۵ نمره



آواکنش داده شده گرماده است یا گرماگیر ؟ علت را توضیح دهید؟

ب)  $\Delta H$  واکنش را به دست آورید.

C=O	O-H	O=O	C-O	C-H	پیوند
۸۰۵	۴۶۷	۴۹۸	۳۶۰	۴۱۵	Kj/mol انرژی

پاسخ آ : گرماده است زیرا آنتالپی فرآورده ها کم تر از آنتالپی واکنش دهنده هاست.

$$\Delta H_r^\circ = [3\Delta H_{\text{C-H}}^\circ + \Delta H_{\text{C-O}}^\circ + \Delta H_{\text{O-H}}^\circ + \frac{3}{2}\Delta H_{\text{O=O}}^\circ] - [2\Delta H_{\text{C=O}}^\circ + 4\Delta H_{\text{O-H}}^\circ] \quad \text{پاسخ ب :}$$

$$\Delta H_r^\circ = [(3 \times 415) + 360 + 467 + (\frac{3}{2} \times 498)] - [(2 \times 805) + (4 \times 467)] = -659 \text{ Kj} \quad \text{ادامه :}$$

شهریور ماه ۸۳ :  $\Delta H$  واکنش  $\text{C(s)} + 2\text{H}_2\text{(g)} \longrightarrow \text{CH}_4\text{(g)}$  را با استفاده از  $\Delta H$  واکنش های زیر محاسبه کنید . ۱ نمره



پاسخ : واکنش (۲) را معکوس ، واکنش (۳) را در عدد دو ضرب می کنیم :

